

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Гресь Роберт Андреевич<sup>1,2</sup>, Губин Степан Валерьевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, г. Санкт-Петербург (младший научный сотрудник)

<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия (аспирант)  
e-mail: Robert.a.gres@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5502-1074

<sup>3</sup> ФГБУН Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, г. Санкт-Петербург (соискатель)  
e-mail: gubinsstepan@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0588-0970

***Аннотация:** Одновременно с объективным развитием и распространением квантовых технологий (КТ) в русскоязычном научном сообществе идет осмысление феномена «квантовой экономики». От первоначальных эконометрических попыток использования законов квантовой физики при построении экономических исследований дискуссия постепенно переходит к осмыслению социально-экономических эффектов от внедрения КТ. Несмотря на сложность вопроса, уже имеются первые оценки таких эффектов. В статье обосновывается необходимость проведения оценок эффектов, а также описаны некоторые позитивные и негативные социально-экономические эффекты, которые могут быть вызваны или усилены для региональных экономических систем при внедрении КТ. Обращается внимание на роль сетевых структур в распространении КТ в регионах России и анализируются перспективные направления внедрения уже существующих российских квантовых технологий. Сделаны выводы о необходимости проведения сбалансированной государственной политики для минимизации роста социально-экономического неравенства регионов при точечном внедрении КТ, а также о децентрализованном характере разработки и внедрения КТ в России.*

***Ключевые слова:** квантовые технологии, квантовая экономика, региональная экономика, региональная экономическая система, квант, теория диффузии инноваций, квантовые вычисления.*

## PROSPECTS FOR THE USE OF QUANTUM TECHNOLOGIES IN THE REGIONAL ECONOMY

Gres Robert<sup>1,2</sup>, Gubin Stepan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute for Regional Economic Studies Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg (Junior Researcher)

<sup>2</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad (PhD Student)

<sup>3</sup> Institute for Regional Economic Studies Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg (Applicant)

**Abstract:** *Simultaneously with the objective development and spread of quantum technologies (QT) in the Russian-speaking scientific community, there is an understanding of the phenomenon of "quantum economy". From the initial econometric attempts to use the laws of quantum physics in the construction of economic research, the discussion is gradually moving to understanding the socio-economic effects of the introduction of QT. Despite the complexity of the issue, there are already first estimates of such effects. The article substantiates the need for assessing the effects, and also describes some of the positive and negative socio-economic effects that can be caused or enhanced for regional economic systems with the introduction of QT. Attention is drawn to the role of network structures in the dissemination of QT in the regions of Russia and perspective directions for the implementation of already existing Russian quantum technologies are analyzed. Conclusions are drawn about the need for a balanced state policy to minimize the growth of socio-economic inequality of regions with the targeted introduction of quantum technologies, as well as about the decentralized nature of the development and implementation of QT in Russia.*

**Keywords:** *quantum technologies, quantum economy, regional economy, regional economic system, quantum, innovation diffusion theory, quantum computing.*

## Потенциальное квантовое будущее

Технологическое развитие непрерывно меняет материальную жизнь человеческого общества, непосредственно воздействуя и на экономические системы. Четвертая промышленная революция серьезно повлияла на экономику, сформировав новые отрасли и трансформировав экономические отношения. Грядущая пятая промышленная революция обещает быть не менее значимой по своим масштабам влияния на экономику. Внедрение квантовых технологий (КТ) – один из следующих этапов глобального технологического пути.

Еще 30 лет назад все, что было связано с квантовой физикой, представлялось абсолютной фантастикой. И сегодня есть огромное количество перспективных, фантастических КТ, однако есть и такие, которые уже внедрены в нашу жизнь или проходят активную стадию внедрения. Так, канадская фирма D-Wave Systems уже продает квантовые компьютеры [16]. А банки в Австрии и Швейцарии используют для защиты внутренней информации методы квантового шифрования [15]. В России в июле 2023 года усилиями ФИАН и РКЦ был представлен отечественный 16-кубитный квантовый компьютер [3]. КТ могут получить свое применение в совершенно различных областях, и даже в ментальной сфере. Так, гендиректор Федерального центра мозга и нейротехнологий ФМБА России В.В. Белоусов отмечает, что КТ будут использоваться для регулирования мотивации человека [6]. Таким образом, КТ способны будут воздействовать даже на сознание, что открывает перед человечеством совершенно новые перспективы.

Квантовые технологии на сегодняшний день являются одним из перспективных направлений не только технологического развития, но и совершенство-

вания социально-экономических процессов в различных сферах экономики и государства. Основа современных КТ связана с квантовой физикой и трудами таких выдающихся ученых, как А. Эйнштейн, М. Планк, В. Гейзенберг и др. Ключевым аспектом КТ является использование квантовой запутанности, возможностей описания процессов на атомарном уровне, принципах неопределенности и суперпозиции. Применение данных принципов квантовой физики позволяет в значительной степени расширить возможности передачи данных, обработки массивов данных и моделирования сложных процессов, шифрования и отображения данных, которые будут намного превосходить по своим возможностям существующие информационно-технологические системы.

Несмотря на растущий интерес к КТ, они пока находятся на переходном этапе, поскольку предлагаемые КТ-решения на данный момент не всегда превосходят существующие альтернативы, а потенциальное преимущество может быть достигнуто только в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Во многом это обусловлено как недостатком возможностей имплементации в экономике с одной стороны, так и концентрацией исследований и технологий в относительно узком кругу крупных компаний и ведущих научно-исследовательских центров. Кроме того, следует учитывать, что КТ находятся на этапе своего развития и с каждым годом исследователи предлагают новые перспективные форматы их применения.

К ключевым направлениям развития КТ в современном мире относятся квантовые вычисления, квантовая криптография, квантовые коммуникации и квантовая метрология. Данные технологии во многом связаны с расширением возможностей обработки данных, передачи данных и обеспечения их конфиденциальности. Например, использование КТ открывают новые возможности для исследования и моделирования сложных процессов (таких как моделирование строения ДНК и его изменения) без необходимости использования высоких вычислительных мощностей и суперкомпьютеров. Внедрение технологий квантовых коммуникаций не только способствует ускорению обмена информацией, но и обеспечивает значительно больший уровень безопасности, в котором заинтересованы различные секторы экономики, как например ИТ и финансовый секторы. Потенциальные сферы применения КТ на данный момент не ограничиваются ими. КТ могут быть применены в медицине, фармацевтических исследованиях, высокотехнологических производствах, связанных с высокоточным производством, науке, обработке данных в реальном времени, создании новых систем борьбы с мошенничеством и т.д.

В Российской Федерации уже сформирована нормативная и концептуальная база для развития КТ, которые определяются как одно из направлений обеспечения глобальной технологической конкурентоспособности. Так, соглас-

но Концепции регулирования отрасли квантовых коммуникаций до 2030 г., к ключевым направлениям развития отрасли КТ относятся создание отечественных квантовых вычислителей, формирование и развитие сети квантовых коммуникаций, развитие квантовых криптографических систем [14]. В рамках Дорожной карты развития «сквозной» цифровой технологии «квантовые технологии» определены основные этапы развития КТ, ключевые технологические проекты, роль государства в регулировании и поддержке квантовых исследований, а также оценка ключевых технологических квантовых направлений [4].

Безусловно, КТ окажут серьезное влияние на глобальную экономику, экономику стран и регионов. «С точки зрения макроэкономического эффекта квантовые технологии обладают значительным потенциалом, использование которого становится важной задачей развития народного хозяйства», – отмечается в докладе Российского квантового центра (РКЦ) «Квантовые технологии для государства и бизнеса: настоящее и будущее» [5]. Надежды на КТ в экономике порой воспринимаются гипертрофированными, особенно когда идет речь о перестройке всей экономики, поиске нового источника экономического развития и роста мирового ВВП на десятки процентов. Когда одни соглашаются с этими оценками, другие указывают на огромные технические ограничения КТ сегодняшнего дня. В связи с этим точная оценка социально-экономических эффектов от внедрения КТ представляется актуальной задачей. От корректного выполнения данной задачи зависит релевантность государственной и корпоративной политики, любых стратегических инициатив общества по переходу на КТ.

### **Оценка социально-экономических эффектов при внедрении различных технологий**

Достаточно большое количество исследований посвящено вопросам оценки экономических и социально-экономических эффектов от цифровизации экономики в целом, внедрения инноваций на конкретных предприятиях и в конкретных отраслях. Часто говорится об эффектах при внедрении искусственного интеллекта, технологии распределенных реестров, блокчейна, нейросетей, инструментов анализа больших данных и прочих сквозных технологиях. Однако КТ ввиду их сложности и одновременно практически полной экспериментальности в этой связи уделяется недостаточное внимание. Можно с уверенностью утверждать, что конкретизация понимания социально-экономических эффектов от внедрения КТ сегодня практически полностью отсутствует.

Зачем необходимо оценивать социально-экономический эффект от внедрения различных технологий, в том числе квантовых? Один из ответов заключается в том, что с точки зрения стратегического планирования и долгосрочного инвестирования любой инвестор, будь то само государство или представи-

тель иностранного бизнеса, хочет четко понимать бизнес-модель и доходность объекта в перспективе 10-20 лет. Для правильной оценки коэффициента дисконтирования и дюрации нужно знать, как будет изменяться функционирование объекта на данном горизонте времени, станет ли он более/менее рентабельным или же более/менее конкурентоспособным при условиях, когда для улучшения функционирования объекта внедряются новейшие технологии и/или аналогичные действия производят конкуренты. Внедрение любых из сквозных технологий значительно меняет ландшафт рынка, способность предугадать это обеспечит инвестору значительную прибыль (которая, вероятно, будет реинвестирована), в противном случае – убытки и выход из проекта с возможным его закрытием.

Другой из ответов относится скорее к социальной сфере. Внедрение новейших технологий способно менять экономические отношения между всеми акторами производственных процессов, а как следствие, и сами социальные отношения. В свою очередь, изменения социальных отношений несут потенциал дестабилизации всей модели общественных отношений с ростом конфликтности в конкретных социальных группах или на конкретных территориях. При реализации такого сценария система начнет трансформироваться через запуск политических процессов, из-за чего по нисходящим циклам обратной связи может нарушиться работа всей экономической системы и произойти коллапс. Опасения из-за реализации указанного сценария изложены в тезисе о негативных последствиях роста роботизации производства через провоцируемую этим цепочку событий: роботизация промышленности → рост безработицы → увеличение социального неравенства → рост протестной активности → кризис политической системы → деградация экономической системы. Поэтому, одна из ключевых задач социально ориентированного государства в современную эпоху NBIC-конвергенции видится как постоянный пересмотр социальной политики и регулирование баланса распределения благ и ресурсов при изменении технологических процессов, в том числе из-за внедрения КТ.

Еще один ответ заключается в планировании экономической и региональной политики государства. Внедрение инноваций качественно меняет все основные производственные показатели, но при этом совершенно по-разному в разных отраслях. Так, распространение КТ очевидно скажется на конкурентоспособности некоторых территориально-производственных комплексов, а как следствие и экономик регионов, в которых они расположены. Регионы с расположенными в них производствами – бенефициары новой квантовой революции, они получают «точки роста» с новыми налоговыми поступлениями и ростом человеческого капитала. Эти новые ресурсы, в свою очередь, создадут еще один импульс социально-экономического развития регионов. Тем самым, в масштабе

страны региональные диспропорции могут еще сильнее возрасти или наоборот ослабнуть. Экономическая политика в данном случае должна быть направлена на минимизацию негативных эффектов для экономического развития всего государства при развертывании процессов роста региональной сегрегации.

Все указанные ответы должны быть учтены при стоимостной оценке социально-экономических эффектов от внедрения КТ, что представляется весьма непростой задачей. Расчет экономического эффекта от внедрения той или иной КТ требует разработанного математического инструментария, который, в свою очередь, требует правильной постановки исследовательских целей и задач и наличия общего понимания содержания таких эффектов. В упомянутом докладе РКЦ представлена следующая оценка: «В целом расчёты показывают, что при активном внедрении каждая квантовая технология способна оказать экономический эффект в объёме 2,0-2,5% ВВП» [5]. Для того чтобы точно понимать эффект от совокупного внедрения КТ, нужно рассматривать трансформацию отраслей экономики системно, учитывать возможные синергетические эффекты и идемпотентность. Отсюда важно понимать структуру экономики с широким использованием квантовых технологий – квантовую экономику.

### **Понятие «квантовой экономики»**

Одним из последствий попыток осмысления влияния КТ на экономику и использования законов квантовой физики для экономических исследований стало появление понятия «квантовой экономики». Пока еще оно не получило широкого распространения, однако ряд ученых уже вплотную подошел к детекции квантовых эффектов в экономике. Задолго до популяризации квантовой тематики в 2006 году была издана монография В.П. Маслова «Квантовая экономика», которая не получила достаточной известности [8]. В данной работе многие установки квантовой физики (суперпозиция, квантовая запутанность, квантовый параллелизм и др.) как бы переносятся в область экономики согласно принципам изоморфизма. Таким образом, экономические законы получают «квантовое продолжение». Как пишет А.Н. Козырев, труд В.П. Маслова экономисты еще не были готовы воспринять [7]. Одновременно с этим появилась статья С.И. Мельника, И.Г. Тулузова и А.Н. Омелянчука «Квантовая экономика – мистика или реальность». В ней авторы обращают внимание на то, что квантовые свойства в экономических моделях могут проявляться достаточно сильно в связи с непредсказуемостью цены и выбора [9].

С тех пор прошло более 10 лет практически полного затишья развития «теории квантовой экономики». Первые единичные работы оказались не воспринятыми, но с развитием самих КТ, появлением первых квантовых компьютеров к этой теме вернулись вновь в несколько другом ключе. Если работы В.П.

Маслова, С.И. Мельникова и других были связаны с переносом законов квантовой физики в область экономики, то позднее более стали говорить о непосредственных экономических эффектах при внедрении КТ. В своей статье «Квантовая экономика и квантовые вычисления в экономике» А.Н. Козырев упоминает о смещении собственного фокуса научного интереса с квантовых вычислений в экономике к квантовым эффектам в экономике. Позицию А.Н. Козырева можно назвать рациональной, она следует объективному развитию ситуации сегодняшнего дня [7]. Вновь реальная практика и прагматичные потребности побуждают формулировать вопросы для фундаментальной экономической мысли, а не наоборот.

О квантовой экономике говорил даже Ж.И. Алферов. Одно из выступлений великого ученого носит название «Квантовая экономика. Российской науке надо переходить от выживания к развитию». В нем Ж.И. Алферов упоминает фразу Д. Роджера о том, что современные лекарства невозможно создавать без знания квантовой теории [1]. Действительно, от внедрения КТ зависит конкурентоспособность предприятий, городов, регионов, стран. Учитывая, что КТ пока еще стоят очень дорого, необходимо определять отрасли и ниши, где внедрение будет необходимо и/или рентабельно. Внедрение каждой КТ – шаг в сторону квантовой экономики. Но что такое квантовая экономика?

Существует несколько точек зрения на дефиницию квантовой экономики. Л.Н. Примов понимает под квантовой экономикой институциональные модели социально-экономических микропроцессов [12]. В.А. Мельников говорит о квантовых экономических структурах, квантовой экономике взаимодействий. Понятие кванта экономического взаимодействия В.А. Мельников заимствует у А. Арно: «Под квантом экономического взаимодействия понимается целостный неразделимый квант экономической информации между двумя объектами экономического взаимодействия, один из которых – производитель продукции, а другой – потребитель этой продукции по наименованию, количеству и стоимости единицы продукции, соответствующей размерности за определенный период времени» [10]. Большое количество других исследователей использует понятие квантовой экономики, но не дает ему никаких пояснений, тем самым понятие превращается в некий «черный ящик» без четких граней.

В связи с экспоненциальным развитием КТ следует ожидать еще более частого употребления понятия «квантовая экономика». Законы квантовой физики становятся все более популярными. Например, доклад авторитетного Римского клуба 2017 года «Some On! Капитализм, близорукость, население и разрушение планеты» построен в «квантовой логике», не допускающей бинарные упрощения, – утверждает А.Е. Анпилогов [2]. В этой же популярности есть и большой риск размывания понятия, роста вариативности в определении объема

понятия, его полной редукции и формирования преимущественно публицистического характера, как это уже произошло с рядом «модных» терминов, таких как «устойчивое развитие», «умный город», «качество жизни», «нанотехнологии», «зеленые технологии» и т.д. Уже имеются многочисленные примеры использования понятия «квантовый» исключительно в маркетинговых целях для привлечения внимания клиентов.

Попытка переноса принципов квантовой физики буквально на любые процессы, явления и сущности порождает огромное количество спорных случаев, один из них – «квантовая психология». Некоторые из спорных случаев имеют потенциал обеспечить новый прорыв в научном знании, другие же являются откровенно псевдонаучными. Важно сохранить некое ядро понятия, и здесь очень важна мощная научная база и просветительская работа (популяризация научных знаний). Иначе терминология будет воспроизводиться так, как это диктует исключительно общественное сознание в широком смысле, а не специалисты и ученые.

Квантовая экономика – это некий образ будущего, в котором все основные экономические взаимодействия выстроены на основе КТ с использованием инновационных продуктов, созданных благодаря этим технологиям. Станет ли квантовая экономика частью экономики знаний или цифровой экономики? В каждый момент времени терминология отражает доминирование тех или иных научных концепций, проецированных на реальную экономику, и появление здесь какой-либо теории меняет всю парадигму. Поэтому дать ответ на поставленный вопрос на данном этапе сложно, к моменту полного внедрения КТ в жизнь научное знание в значительной степени трансформируется. Квантовая экономика может стать частью чего-то иного. Но важно подчеркнуть, что от развития этой общей дискуссии будет зависеть и региональный ракурс рассмотрения проблематики.

### **Квантовые технологии и социально-экономическое развитие регионов**

Квантовые технологии, как многие другие инновации в прошлом, создадут новые рынки и качественно трансформируют региональные экономические системы. В докладе Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» упоминаются квантовые деньги, анализ поведения рынка на квантовом симуляторе, появление массовых универсальных квантовых компьютеров, перенос личности в квантовый мир, видеоаналитика с использованием квантовых технологий и т.д. [13]. Не стоит говорить, что такая технологическая революция внесет изменения в структуру экономики, сопоставимые с изменениями из-за появления сети «Интернет», персональных компьютеров и телефонов.



Квантовые технологии могут широко применяться при моделировании, будь то производственных процессов или же химических свойств ферментов. Так как моделирование используется крайне широко в рамках развития цифровой экономики (цифровые двойники становятся все более распространенным явлением), то квантовые вычисления получают большое количество ниш для внедрения. Таким образом, цифровизация всей экономики одновременно создаст некую среду и рынок для КТ.

Однако в тех отраслях, в которых цифровизация не так актуальна или осуществляется медленными темпами, эффект от внедрения КТ может быть сниженным. «Наибольший экономический эффект внедрение квантовых технологий принесёт в обрабатывающих производствах, торговле, логистике, добыче полезных ископаемых, в операциях с недвижимостью и строительстве», – считают авторы доклада РКЦ [5]. Если это действительно так, то от внедрения КТ выиграют ресурсные регионы, регионы с развитым машиностроением, ключевые регионы для экспортно-импортных операций и регионы с крупными быстрорастущими агломерациями.

Внедрение КТ согласно ставшей классической теории диффузии инноваций Т. Хагерстранда [11] будет осуществляться по трансляционным каналам от крупнейших городов (центров сосредоточения человеческого капитала и третичного, четвертичного секторов) к малым городам в отдаленных регионах. Тем самым, существующие центр-периферийные отношения будут только дополнительно кристаллизироваться. Если развитие ситуации будет происходить по данным моделям, то социально-экономическая сегрегация на региональном уровне только возрастет со значительными социальными последствиями: ростом миграционных потоков, оттоком капиталов, деградацией экономического ландшафта. Поэтому создание сети региональных центров развития КТ, связанных с ведущими федеральными университетами, кампусами мирового уровня, технологическими долинами, технопарками, крупными IT-деревнями и т.п. необходимо для балансирования технологического развития внутри страны.

Так или иначе, внедрение различных КТ будет осуществляться конкретными организациями и людьми: региональными чиновниками, проектными командами, профессиональными консультантами и др. От качества их работы и качества сетевого взаимодействия на корпоративном уровне будет зависеть общий результат. Таким образом, обозначается прямая зависимость распространения КТ от корпоративных сетей. Для примера можно рассмотреть госкорпорацию «Росатом», активно развивающую КТ в России. Внедрение конкретных решений по КТ в данной госкорпорации затронет большую часть подконтрольных объектов в регионах России, изменит их функционирование и окажет воздействие на другие, связанные с ними предприятия и организации в

регионах. Особенно здесь будет важно информационное воздействие и демонстрация лучших практик «по соседству».

Представленный механизм может быть актуален для многих технологических решений в области КТ. Фундаментальная инициатива РЖД по созданию магистральной квантовой сети Санкт-Петербург-Москва-Нижний Новгород в перспективе способна оказать огромное влияние на экономическое развитие соответствующих городов и регионов. В этой связи интересным представляется рассмотрение уже существующих КТ с возможностями их внедрения и ключевыми акторами, чтобы оценить их влияние на региональные экономические системы (табл. 1).

Таблица 1

Перспективные направления внедрения российских квантовых технологий (КТ)

Вид КТ	Название проекта, разработчик	Перспективные направления для внедрения	Краткое описание КТ
Квантовые коммуникации	Магистральная квантовая сеть между городами агломерации Самарской области <i>ИТМО, ООО «Квант-телеком» (г. Санкт-Петербург)</i>	Финансовый сектор, центры обработки данных, объекты критической инфраструктуры, телекоммуникационные компании, органы государственной власти и органы местного самоуправления	В рамках проекта реализуется строительство региональной магистральной квантовой сети, которая будет способствовать защите передачи конфиденциальной информации. Регион реализации: Самарская область (г. Самара, г. Тольятти, г. Сызрань)
Квантовые коммуникации	Магистральная квантовая сеть <i>РЖД</i>	Финансовый сектор, центры обработки данных, объекты критической инфраструктуры, телекоммуникационные компании, органы государственной власти и органы местного самоуправления	В рамках проекта построена квантовая сеть для защищенной передачи конфиденциальной информации между Москвой и Санкт-Петербургом, Москвой и Нижним Новгородом. Следующий этап проекта предполагает расширение сети до Воронежа, Ростова-на-Дону и Казани
Квантовые коммуникации	Российская орбитальная станция (РОС) <i>РКК «Энергия» имени С.П. Королева, «КуСпэйс Технологии»</i>	Органы государственной власти, телекоммуникационные компании, ИТ-компании	Применение перспективных сетей спутниковой оптической связи и средств квантовых коммуникаций в открытых каналах передачи данных

Вид КТ	Название проекта, разработчик	Перспективные направления для внедрения	Краткое описание КТ
Квантовые вычисления	Ускорение квантовых алгоритмов с помощью кудитов <i>МИСИС, Российский квантовый центр</i>	ИТ-компании, объекты критической инфраструктуры, высокотехнологические предприятия	Увеличение мощности квантового процессора за счет квантовых алгоритмов с использованием дополнительных уровней квантовой системы
Квантовые вычисления	Создание универсального квантового компьютера <i>Росатом, Физический институт им. Лебедева РАН (ФИАН), Российский квантовый центр</i>	Органы государственной власти, финансовый сектор, научно-исследовательские центры, компании высокотехнологичного производства	Создание отечественного квантового компьютера
Квантовые вычисления	Облачная платформа квантовых вычислений <i>ООО «СП «Квант»</i>	Промышленные производства, высокотехнологические предприятия, ИТ-компании, научно-исследовательские центры	Обеспечение удаленного доступа к квантовым компьютерам и их эмуляторам
Квантовый интернет	Квантовая коммуникационная платформа цифровой экономики <i>ИТМО, РЖД</i>	Органы государственной власти, финансовый сектор, ИТ-компании	Создание аппаратно-программных компонентов, представляющих центр для квантовых систем
Квантовая криптография	ViPNet Quandor 2 Квантовая криптографическая система выработки и распределения ключей с топологией «точка-точка» <i>АО ИнфоТеКС</i>	Органы государственной власти, финансовый сектор	Отечественная квантовая криптографическая система выработки и распределения ключей

Источник: составлено авторами.

На сегодняшний день Российская Федерация находится на этапе активного развития КТ. Первые проекты относятся к 2015-2020 гг., когда были реализованы первые шаги к внедрению квантовых коммуникаций в интересах обеспечения конфиденциальности данных крупных компаний – Сбербанк, Газпром и др. Сегодня КТ активно развиваются как в частном, так и в государственном

секторе, однако пока концентрируются на проблематике формирования сети квантовых коммуникаций, которые являются начальным этапом формирования базовой квантовой инфраструктуры.

Несмотря на широкий спектр участников в проектах развития КТ, исследования в этой области пока носят относительно децентрализованный характер и концентрируются в рамках нескольких крупных исследовательских центров и технологических компаний. С одной стороны, это связано с высоким технологическим порогом квантовых проектов, с другой стороны ограничивает возможность активного вовлечения научного сообщества и бизнеса в процессы внедрения КТ. Приведенные примеры технологических проектов (см.табл. 1) отражают только часть общей научно-технической деятельности России в области КТ, однако позволяют предположить, что в средней и долгосрочной перспективе квантовые технологии начнут оказывать значительно большее влияние на социально-экономические процессы в Российской Федерации.

### **Выводы**

В качестве итога можно сформулировать основные выводы, полученные в результате проведения данного аналитического исследования:

1. Квантовые технологии окажут серьезное влияние на развитие региональных экономических систем. Однако социально-экономические эффекты от внедрения КТ только предстоит оценить для каждого из регионов.

2. Социально-экономические эффекты при внедрении КТ в регионе необходимо понимать для осуществления наиболее релевантного стратегического выбора, оценки инвестиционной привлекательности региона в среднесрочном и долгосрочном горизонтах; для корректирования региональной политики; для прогнозирования развития точек роста и осуществления политики, направленной на снижение регионального неравенства.

3. Квантовая экономика – модель, в которой все ключевые экономические и социальные процессы осуществляются с использованием квантовых технологий. При этом, понятие «квантовой экономики» не является общепринятым, существует риск полного нивелирования его качественного содержания.

4. Квантовые технологии тесно сопряжены с цифровизацией. Отрасли, в которых в наибольшей степени осуществлена цифровая трансформация, – первые кандидаты на широкое внедрение КТ.

5. Распространение КТ, вероятно, будет осуществляться согласно моделям в рамках теории диффузии инноваций. В то же время, корпоративные сетевые структуры в этих процессах будут играть одну из ключевых ролей. Как следствие, могут еще более усилиться центрo-периферийные отношения. Отсюда возникает потребность в создании региональных центров развития КТ.

6. От внедрения КТ наибольшую выгоду получают те регионы, в которых развиты отрасли, наиболее подготовленные для внедрения КТ.

7. В России уже сегодня существует ряд реализуемых проектов в области КТ. Однако, большинство инициатив децентрализованы, что создает определенные ограничения при распространении и внедрении КТ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов Ж. И. Квантовая экономика. Российской науке надо переходить от выживания к развитию //Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2019. №. 1 (27). С. 25-27.
2. Анпилогов А. Е. Квантовая составляющая будущего мировой экономики (по материалам доклада Римского клуба 2017 г.) // Будущее экономики России: роль цифросферы. Вызовы, угрозы, решения: Монография / Под научной редакцией И.М. Братищева. – 2-е издание. – Санкт-Петербург: Центр научно-информационных технологий "Астерион". 2022. С. 66-75.
3. В России создали 16-кубитный квантовый компьютер // ТАСС. URL: <https://tass.ru/tehnologii/18267923> (дата обращения 20.07.2023).
4. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Квантовые технологии». Москва, 2019. URL: [https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019kvantyi.pdf?utm\\_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f](https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019kvantyi.pdf?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f) (дата обращения: 19.07.2023).
5. Квантовые технологии для государства и бизнеса: настоящее и будущее / Фонд «Росконгресс». URL: <https://roscongress.org/materials/kvantovye-tehnologii-dlya-gosudarstva-i-biznesa-nastoyashchee-i-budushchee/> (дата обращения: 19.07.2023).
6. Квантовый город будущего / Фонд «Росконгресс». URL: <https://roscongress.org/sessions/fbt-2023-kvantovyy-gorod-budushchego/about/> (дата обращения 20.07.2023).
7. Козырев А.Н. Квантовая экономика и квантовые вычисления в экономике // Цифровая экономика. 2018. № 3(3). С. 5-12.
8. Маслов В.П. Квантовая экономика // М.: Наука, 2006. 92 с.
9. Мельник С.И., Тулузов И.Г., Омелянчук А.Н. Квантовая экономика – мистика или реальность // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. 2006. № 2. С. 48-57.
10. Мельников В. А. Прямая сумма в квантовой экономике взаимодействий // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. №. 4 (130).

11. Носонов А. М. Теория диффузии инноваций и инновационное развитие регионов России // Псковский регионологический журнал. 2015. №. 23. С. 3-16.
12. Примов Л.Н. Квантовая экономика // Научный вестник ВФ РАНХиГС. Сер.: Экономика. 2015. № 2. С. 92-99.
13. Развитие квантовых технологий: основные направления приложения научных усилий / Под редакцией М.С. Липецкой. СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. 23 с.
14. Распоряжение Правительства РФ от 11 июля 2023 г. № 1856-р Об утверждении Концепции регулирования отрасли квантовых коммуникаций в РФ до 2030 г.
15. Родионов А. А. Применение искусственного интеллекта и квантового шифрования сетей для создания безопасной и стабильной экономики // Современные проблемы социально-экономических систем в условиях глобализации / Под научной редакцией Е.Н. Камышанченко, Ю.Л. Растопчиной, А.А. Швецовой. Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. С. 395-398.
16. Katsnelson A. Tiny temperature sensors / Chemical & Engineering News. URL: <http://cen.acs.org/articles/95/i23/Tiny-temperature-sensors.html> (дата обращения 19.07.2023)