

Измерение информационного общества

ФИНАНСИРОВАНИЕ НИОКР, ПАТЕНТНАЯ АКТИВНОСТЬ И РАЗВИТИЕ РЫНКА КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Статья рекомендована к публикации членом редакционного совета С.Б. Шапошником 22.05.2023.

Лобов Даниил Сергеевич

Кандидат экономических наук
МГИМО МИД РФ, Кафедра управления инновациями, старший преподаватель,
Москва, Российская Федерация
d.lobov@odin.mgimo.ru

Аннотация

Работа посвящена исследованию затрат на НИОКР, патентной активности в области квантовых коммуникаций в Российской Федерации, Европейском союзе, Южной Корее, Японии, Канаде и Австралии с 2014 по 2022 гг., анализу перспектив развития рынка квантовых коммуникаций в Российской Федерации. Результаты исследования свидетельствуют об увеличении затрат как на прикладные, так и фундаментальные исследования в большинстве рассматриваемых стран. Несмотря на лидерство России в финансировании научных исследований, отмечается низкая патентная активность субъектов национальной инновационной системы. Определено, что рынок квантовых коммуникаций в Российской Федерации находится на первых этапах становления и развивается в соответствии с принципом "technology push". Для ускоренного формирования высокотехнологичного направления стоит обратить внимание на повышение результативности прикладных исследований, направленных на создание клиентоцентричных продуктов, привлечение телекоммуникационных и высокотехнологичных компаний к развитию технологии.

Ключевые слова

квантовые коммуникации, квантовое распределение ключа, квантовое шифрование, постквантовое шифрование, финансирование НИОКР, высокотехнологичное направление, патентная активность, инновационные рынки, рынок квантовых коммуникаций, technology push, market pull, национальная инновационная система

Введение

Квантовые коммуникации – область знаний и технологий, связанных с передачей квантового состояния в пространстве. Активизация развития данного научного направления связана с увеличением государственной поддержки фундаментальных и прикладных исследований, посвященных изучению квантовых явлений и разработке решений в области квантового распределения ключей, применяемых в квантовых сетях связи в целях повышения устойчивости шифрования данных.

В квантовых сетях попытка третьих лиц осуществить действие с передаваемым квантовым состоянием приводит к появлению аномалии, что исключает возможность незаметного прослушивания канала. Данная особенность стала основанием для применения технологий квантовых коммуникаций прежде всего в контексте информационной безопасности. Хотя угроза снижения устойчивости существующих методов шифрования, основанная на гипотезе о функциональности квантового компьютера, на данный момент является теоретической, правительства стран выделяют средства для разработки продуктов квантовых коммуникаций с целью повышения безопасности сетей.

© Лобов Д.С., 2023

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях» Всемирная 4.0 (Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International; CC BY-NC-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.ru>
https://doi.org/10.52605/16059921_2023_05_123

Разрабатываемые коммерческие продукты квантовых коммуникаций прежде всего основаны на методе квантового распределения ключей: устройство передачи сигнала транслирует квантовое состояние с применением оптоволоконного канала на устройство приема (счетчик фотонов). Переданная последовательность квантовых состояний служит основанием для формирования симметричного ключа шифрования.

Рост заинтересованности международного экспертного сообщества к прикладным решениям в области квантовых коммуникаций наблюдается с 2017 г. в связи с публикацией результатов успешного пилотирования первой магистральной оптоволоконной сети квантового распределения ключа Пекин – Шанхай. Число конечных клиентов сети составило 150 организаций [1].

В 2019 г. «квантовые коммуникации» были выделены в качестве самостоятельного высокотехнологичного направления национального проекта «Цифровая экономика», элемента триады квантовых технологий России. Была сформирована дорожная карта развития направления, в соответствии с которой поставлена задача по созданию национальной квантовой сети. Сегодня в рамках деятельности компании-лидера ОАО «РЖД» сформирована квантовая сеть протяженностью не менее 1000 км. [2]

Аналогичные национальные программы развития квантовых коммуникаций формируются и за рубежом. В Южной Корее в рамках реализации квантовой стратегии летом 2022 г. в работу была запущена магистральная оптоволоконная сеть квантового распределения ключа протяженностью 800 км., к которой подключено 48 правительственных организаций [3-4].

Учитывая увеличение уровня продуктовой и технологической готовности решений квантового распределения ключа, растущую заинтересованность научного и экспертного сообщества в квантовых технологиях, считаю необходимым провести сравнительный анализ структуры затрат на НИОКР в России и за рубежом, исследовать патентную активность субъектов национальной инновационной системы, изучить тренды развития рынка квантовых коммуникаций в целях выявления особенностей формирования и определения потенциала для дальнейшего развития данного высокотехнологичного направления в Российской Федерации.

1 Методология исследования

Работа была проведена в три этапа:

- 1) осуществлен анализ финансирования НИОКР в России и за рубежом;
- 2) проведено исследование патентной активности в России и за рубежом;
- 3) проанализированы тренды развития рынка квантовых коммуникаций в России.

В рамках первого этапа работы проводится анализ финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовых коммуникаций в России, Европейском союзе, Австралии, Канаде, Южной Корее и Японии с 2014 по 2022 гг. с применением открытых баз данных затрат на НИОКР. Такие страны-лидеры направления, как США и Китай, были исключены из исследования в связи с отсутствием доступа к базам данных. Полнота полученных результатов по затратам на фундаментальные и прикладные исследования была ограничена функциональностью баз данных, что исключило возможность анализа Японии, Австралии и Канады. Для сбора данных применялись ключевые слова, отмеченные в таблице 1.

Таблица 1. Базы данных финансирования НИОКР и ключевые слова поиска [5-10]

Страна	База данных	Ссылка	Ключевые слова
Россия	ЕГИСУ НИОКТР	https://rosrid.ru/global-search	Квантовые коммуникации; Квантовое шифрование; Квантовая криптография; Квантовое распределение ключа.
Европейский союз	EU CORDIS	https://cordis.europa.eu/search/en	Quantum Key Distribution; Post-Quantum Cryptography; Quantum Communications.
Австралия	National Collaborative Research Infrastructure Strategy Program	https://research.data.edu.au/	

Канада	Government of Canada	https://search.open.canada.ca/g-rants/	
Южная Корея	Ministry of Science and ICT	https://www.ntis.go.kr/	<p>□ □ □ □ □ (англ. Quantum Key Distribution);</p> <p>□ □ □ □ □ □ (англ. Post-Quantum Encryption);</p> <p>□ □ □ □ □ (англ. Quantum Communication).</p>
Япония	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT); the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)	https://kaken.nii.ac.jp/index/	<p>Quantum Key Distribution; QKD;</p> <p>Post-Quantum Cryptography;</p> <p>Quantum Communications.</p>

На втором этапе работы было проведено исследование патентной активности субъектов национальной инновационной системы в Российской Федерации, Европейском союзе, Японии, Южной Корее, Канаде и Австралии с 2014 по 2022 гг. На основе собранных данных по динамике числа полученных патентов автор провел сравнительный анализ патентной активности субъектов в России и за рубежом, оценил эффективность затрат на НИОКР, определил лидеров технологического прогресса в области квантовых коммуникаций. Для сбора данных применялись параметры поиска, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Базы данных патентной активности и ключевые слова поиска [11]

Страна	База данных	Дата заявки	Ключевые слова
Россия	Google Patents	2014-01-01	Квантовое распределение ключей; квантовые коммуникации; квантовое шифрование; пост-квантовое шифрование; квантовая криптография; quantum key distribution; quantum cryptography; post-quantum cryptography; quantum communication
Европейский союз		-	
Австралия		2022-01-01	Quantum key distribution; quantum cryptography; post-quantum cryptography; quantum communication
Канада			
Южная Корея			
Япония			

В ходе третьего этапа работы автор провел исследование трендов развития рынка квантовых коммуникаций в Российской Федерации. Количественное рыночное исследование было реализовано путём анализа бухгалтерской отчетности компаний, предоставляющих товары и услуги клиентам в области квантовых коммуникаций. Хотя данный подход не позволяет оценить масштабы участия крупных компаний-производителей, для которых рынок квантовых коммуникаций не является единственным сегментом продаж, возможна довольно точная оценка результатов экономической деятельности стартапов. Перечень стартапов, действующих на рынке квантовых коммуникаций, данные по выручке были получены из электронного ресурса венчурного фонда «Сколково» [12].

Для изучения текущей стадии развития инновационного рынка квантовых коммуникаций был проведен ретроспективный анализ динамики рынка вычислительных машин с применением

базы данных экспорта и импорта товаров ООН [13]. Параметры поиска приведены в таблице 3. В анализ были включены рынки Японии, Германии и Южной Кореи в связи с:

- доступностью данных по странам начиная с 1988 г.,
- высоким уровнем инновационного развития данных экономик.

Таблица 3. Параметры поиска по базе данных Comtrade ООН [13]

Страна	Период	Направление	HS код
1) Japan (Япония) 2) Rep. of Korea (Южная Корея) 3) Fed. Rep. of Germany (...1990); Germany (Германия)	1988-2007	Экспорт и импорт	8471: Automatic data-processing machines and units thereof; magnetic or optical readers, machines for transcribing data onto data media in coded form and machines for processing such data, n.e.s. (рус. устройства обработки информации и их узлы; магнитные или оптические считыватели, машины для записи данных на носители данных в закодированной форме и машины для обработки таких данных, не включенные в другие категории).

2 Полученные результаты и обсуждение

2.1 Анализ финансирования НИОКР в России и за рубежом

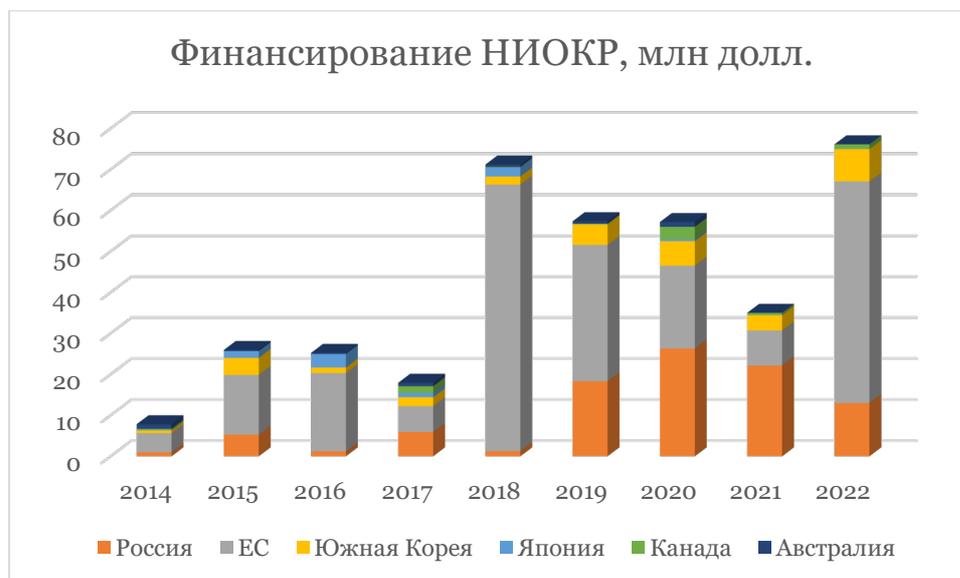


Рисунок 1. Затраты на НИОКР в области квантовых коммуникаций с 2014 по 2022 гг. в России, ЕС, Южной Кореи, Японии, Канаде и Австралии, млн долл.¹

Увеличение объемов затрат на НИОКР в области квантовых коммуникаций с 2014 г. по 2022 г. наблюдается в большинстве рассматриваемых стран. Наиболее существенный рост финансирования исследований отмечается в России в 2019 г. в связи с принятием дорожной карты развития высокотехнологического направления и выделения государственной поддержки. До 2019 г. объем финансирования НИОКР в России соответствовал уровню Южной Кореи и Японии (около 2 млн долл. в год.) С 2019 г. объем финансирования приближается к уровню Европейского союза (таблица 4).

¹ В соответствии со средней стоимостью доллара к национальным валютам за каждый год.

Таблица 4. Средние затраты на НИОКР в области квантовых коммуникаций за периоды 2014-2018 гг., 2019-2021 гг.

Объект исследования	2014-2018 гг.	2019-2021 гг.
Россия	2,9	22,3
ЕС	22,0	20,7
Южная Корея	2,1	4,9
Япония	1,7	0,2
Канада	0,4	1,2
Австралия	0,6	0,6

В среднем за период 2014-2021 гг. ежегодно в России на НИОКР в области квантовых коммуникаций выделялось более 10 млн долл. Среди отобранных стран большее финансирование исследований наблюдается только в Европейском союзе, где с 2014 по 2021 г., в т.ч. в рамках реализации программы Horizon Europe, выделялось более 21 млн долларов.

Сокращение государственной поддержки исследований и разработок наблюдается только в Японии, что может быть связано с рядом факторов, требующих дальнейшего изучения:

- снижение государственной поддержки НИОКР может быть вызвано увеличением затрат на исследования со стороны корпораций. Так в развитии продуктов квантовых коммуникаций принимает участие компания Toshiba.
- достигнут необходимый уровень технологического развития, на котором снижаются затраты на исследования, растут затраты на повышение продуктовой готовности, маркетинг и продвижение решений, прежде всего со стороны частного бизнеса.

Представляет интерес анализ затрат с учетом прикладного и фундаментального характеров исследований. В Российской Федерации после 2019 г. основная часть средств (около 55%) была направлена на проведение прикладных исследований и опытно-конструкторских работ, в том числе разработку таких инфраструктурных решений, как магистральная квантовая оптоволоконная сеть Москва – Санкт-Петербург. (таблица 5)

Объем финансирования прикладных исследований и опытно-конструкторских работ в Европейском союзе превышает затраты на фундаментальные исследования с 2018 г. в связи с запуском нескольких проектов, нацеленных на разработку решений по практическому применению технологий квантовых коммуникаций: координация Quantum Internet Alliance (альянс квантового интернета) с разработкой пилотной квантовой сети, разработка протоколов и интерфейсов в рамках проекта CiViQ, разработка коммерчески-доступных квантовых систем.

В Южной Корее затраты на прикладные исследования и разработки начали расти в 2018 г. и в 2022 г. значительно превысили затраты на фундаментальные исследования. Совокупные затраты на НИОКР показывают положительный тренд с 2014 г.

Таблица 5. Затраты на фундаментальные и прикладные исследования с 2014 по 2021 гг.

Объект исследования	Ед. изм.	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Россия										
Прикладные разработки, ОКР	Млн руб.	14,5	270,5	25	22	34	400,5	1093	1239	267,2
Фундаментальные исследования	Млн руб.	22,5	51,5	56,2	323,1	44,4	785,5	681	392,2	634,8
Европейский союз										
Прикладные разработки, ОКР	Млн евро	0,1	7,9	6,3	1,5	46,3	22,1	1,7	4,2	41
Фундаментальные исследования	Млн евро	3,4	5,2	10,9	4,1	8,8	7,6	16,0	3,1	11
Южная Корея										

Прикладные разработки, ОКР	Млн вон	0	0	280	0	0	1780	2800	1600	7340
Фундаментальные исследования	Млн вон	649	4054	1278	2462	2169	4065	4295	2680	2841

Таблица 6. Совокупная доля затрат на прикладные исследования за 2014-2022 гг.

Объект исследования	Ед. изм.	Доля затрат
Россия	%	53%
Европейский союз	%	65%
Южная Корея	%	36%

2.2 Исследование патентной активности в России и за рубежом

Несмотря на значительные инвестиции в прикладные исследования в Российской Федерации (таблица 5), исследование патентной активности показало, что Россия отстает от других стран по числу регистрируемых результатов интеллектуальной деятельности. Доля патентов, полученных субъектами национальной инновационной системы, составила 4% с 2014 по 2022 гг. (таблица 7). Наиболее активно защищают результаты интеллектуальной деятельности в области квантовых коммуникаций исследователи в Европейском союзе, Японии и Южной Корее.

Таблица 7. Число полученных патентов в области квантовых коммуникаций за 2014-2022 гг., ед.

Патентное ведомство	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Итого	Доля
RU (Россия)	3	8	6	7	4	15	11	16	5	75	4%
EU (ЕС)	14	33	54	75	71	95	144	67	12	565	28%
KR (Южная Корея)	28	32	47	77	73	57	89	54	14	471	24%
JP (Япония)	51	53	79	76	55	48	109	59	26	556	28%
CA (Канада)	0	8	26	30	24	34	36	22	5	185	9%
AU (Австралия)	0	4	12	14	9	23	33	33	13	141	7%
Итого	96	138	224	279	236	272	422	251	75	1993	100%

Поиск по ключевым словам в собранной базе патентов подтверждает заявление автора о том [14], что основные усилия исследователей направлены на разработку прикладных решений для применения технологий квантового распределения ключа в наземных сетях связи (таблица 8). Стоит отметить, что особенностью исследований квантовых коммуникаций в Российской Федерации является акцент на КРК при игнорировании возможностей пост-квантового шифрования.

Таблица 8. Число полученных патентов в области квантовых коммуникаций за 2014-2022 гг., ед.

Ключевое слово	Квантовое распределение ключей (QKD)	Спутниковые технологии (Satellite)	Пост-квантовое шифрование (PQC)
RU (Россия)	18	2	0
EU (ЕС)	71	3	14
KR (Южная Корея)	65	1	11
JP (Япония)	73	3	2
CA (Канада)	14	1	1
AU (Австралия)	12	1	2

Перечень компаний-лидеров квантовых коммуникаций определяется рыночной спецификой стран. Основными «локомотивами» технологического развития отрасли в Российской Федерации являются стартапы и вендоры криптографического оборудования. Учитывая объем государственной поддержки НИОКР, представляет интерес отсутствие среди лидеров развития отрасли в России исследовательских и образовательных организаций. За рубежом активное участие в разработке инновационных решений принимают прежде всего телекоммуникационные, высокотехнологичные организации. Во многих регионах мира присутствуют такие компании как ID Quantique, Toshiba, Google.

Таблица 9. Число полученных компаниями патентов за 2014–2022 гг., ед. (от 10 патентов)

Организация	Страна	Число патентов	Вид деятельности
ИнфоТекс	Россия	11	Производитель криптографического оборудования
Qrate	Россия	10	Стартап – производитель оборудования КРК
Google LLC	США (РИД в ЕС)	90	Высокотехнологичная компания
Huawei Technologies	Китай (РИД в ЕС)	34	Высокотехнологичная компания
Intel	США (РИД в ЕС)	22	Высокотехнологичная компания
Deutsche Telekom AG	Европейский союз	22	Телекоммуникационная компания
Toshiba	Япония (РИД в ЕС)	21	Высокотехнологичная компания
ID Quantique S.A.	Швейцария, Южная Корея (РИД в ЕС)	19	Производитель оборудования КРК
Nokia Technologies	Европейский союз	17	Телекоммуникационная компания
Alibaba Group	Китай (РИД в ЕС)	13	Высокотехнологичная компания
British Telecommunications	Великобритания (ЕС до 2020 г.)	10	Телекоммуникационная компания
Korea Institute of Science and Technology	Южная Корея	31	Исследовательская/образовательная организация
Kyung Hee University Industry-University Cooperation Foundation	Южная Корея	29	Исследовательская/образовательная организация
Korea Advanced Institute of Science and Technology	Южная Корея	26	Исследовательская/образовательная организация
Korea Electronics and Telecommunications Research Institute	Южная Корея	24	Исследовательская/образовательная организация
Google LLC	США (РИД в Южной Корее)	13	Высокотехнологичная компания
Kookmin University Industry-University Cooperation Foundation	Южная Корея	13	Исследовательская/образовательная организация
ID Quantique S.A.	Швейцария, Южная Корея (РИД в Южной Корее)	12	Исследовательская/образовательная организация
Korea University Industry-University Cooperation Foundation	Южная Корея	12	Исследовательская/образовательная организация
SK Telecom Co., Ltd.	Южная Корея	10	Телекоммуникационная компания
Toshiba	Япония	41	Высокотехнологичная компания
Google LLC	США (РИД в Японии)	15	Высокотехнологичная компания
Google LLC	США (РИД в Австралии)	69	Высокотехнологичная компания

Сравнение затрат на фундаментальные и прикладные исследования и совокупного числа полученных патентов показывает, что в России «стоимость патента» намного выше, чем в других странах (таблица 10). При этом необходимо учитывать, что в исследовании игнорируются затраты компаний на НИОКР по причине отсутствия доступа к данным.

Таблица 10. Отношение затрат на НИОКР с 2014 по 2019 гг. к совокупному числу полученных патентов с 2016 по 2021 гг. (с учетом патентного лага)

Патентное ведомство	Затраты на 1 патент (млн долл.)
RU (Россия)	0,35
EU (ЕС)	0,21
KR (Южная Корея)	0,03
JP (Япония)	0,03
CA (Канада)	0,01
AU (Австралия)	0,04

Анализ трендов развития рынка квантовых коммуникаций в России

В России рынок квантовых коммуникаций растет, несмотря на низкую вовлеченность организаций в разработку технологий, благодаря принятию государственной программы развития. Если совокупная выручка компаний, действующих на рынке квантовых коммуникаций до принятия программы, составила около 50 млн руб. за 2015-2018 гг., то за один 2022 г. она превысила 825 млн руб. (таблица 11).

Таблица 11. Выручка российских компаний на рынке квантовых коммуникаций с 2015 по 2022 гг.

Компания	Ед. изм.	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Qrate	Млн руб.	0	0	0	16,85	10	61,14	66,72	50,11
Qspace	Млн руб.	0	0	0	0	0	0	1,4	4
Qapp	Млн руб.	0	0	0	0	0	0	0	0
Смартс-Кванттелеом	Млн руб.	24,35	0	0	0	0	166,38	80,48	757,65
Тинфотоника	Млн руб.	0	0,48	1,98	5,66	3,41	8,74	35,93	13,15
Сумма	Млн руб.	24,35	0,48	1,98	22,51	13,41	236,26	184,53	824,91

Объем рынка квантовых коммуникаций в России ниже, чем в ряде зарубежных стран, что подтверждается отчетностью компаний: выручка двух компаний ID Quantique (17 млн долл., Швейцария, Южная Корея) и Arqit (20 млн долл., Великобритания) [15] выше, чем совокупная выручка российских стартапов за 2022 г.

Отношение объема рынка к объему государственной поддержки исследований колеблется. В 2015, 2020 и 2021 гг. оно стремилось к 1:10, что свидетельствует о ведущей роли исследований в развитии инновационного направления (таблица 12). При этом в 2022 г. наблюдается значительный рост рынка: объем коммерческих сделок практически достиг объема затрат на НИОКР, что может быть связано с увеличением инвестиций в создание инфраструктуры квантовых сетей.

Рынок квантовых коммуникаций развивается в соответствии с принципом technology push: поддержка фундаментальных и прикладных исследований приводит к созданию пилотных продуктов, прежде всего в интересах государственных организаций в целях обеспечения

безопасности критической информационной инфраструктуры, при этом ценность продукта для конечных потребителей еще не сформирована, что замедляет развитие индустрии в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Определение продуктовой ниши позволит не только увеличить объем рынка квантовых продуктов по принципу market pull, но и даст толчок формированию рынка услуг на основе созданной инфраструктуре. Ценность квантовых коммуникаций может быть сформулирована в результате успешного создания продуктов в смежных областях, прежде всего в квантовых вычислениях.

Таблица 12. Сравнение объема затрат на исследования и объема рынка квантовых коммуникаций за 2015–2022 гг.

Показатель	Ед. изм.	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Затраты на НИОКР	Млн руб.	322	63	256	78	1 186	1 898	1 631	902
Рынок	Млн руб.	24	0	2	2 3	13	236	185	825
Рынок/затраты на НИОКР	%	8%	1%	1%	29%	1%	12%	11%	91%

Ежегодные темпы роста коммерческого рынка продуктов квантовых коммуникаций в РФ на составили 34% в год за период с 2015 по 2021 гг. Крайне высокие темпы роста характерны для молодых рынков и могут длиться до момента достижения технологической зрелости, высоких показателей УГТ. Так, например, ежегодные темпы роста зрелого рынка вычислительных машин с 1988 по 1997 составляли около 8% (Таблица 13). В конце 90-ых годов темпы роста снизились до 2%, что соответствует традиционному представлению жизненного цикла инновационных рынков.

Таблица 13. Объемы внешней торговли Германии, Ю. Кореи и Японии по коду 8471 (устройства обработки информации)

Года	1988-1990	1991-1993	1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003-2005
Млн долл.	87402	114804	152864	178043	199423	224271
Прирост	-	31%	33%	16%	12%	12%

Выводы

Затраты на НИОКР в области квантовых коммуникаций, квантовой криптографии растут в большинстве стран. Более динамично растет финансирование прикладных исследований и опытно-конструкторских работ, что подтверждается реализацией проектов в области создания пилотных магистральных сетей квантового распределения ключа в Российской Федерации, Китае, США, Южной Кореи. Благодаря государственной поддержке, Россия входит в число лидеров в области финансирования научно-исследовательских работ в области квантовых коммуникаций.

Несмотря на выделение значительных средств, российские организации демонстрируют низкий уровень патентной активности. Основными локомотивами инновационного развития отрасли в России являются стартапы и вендоры криптографического оборудования и программного обеспечения. За рубежом патенты чаще всего получают телекоммуникационные и высокотехнологичные компании, такие как Deutsche Telekom, British Telecom, Nokia, Huawei, Google, Intel, IBM и т.д. Кроме того, в большинстве стран внимание уделяется не только развитию технологий квантового распределения ключа для наземных и космических сетей связи, но и постквантовой криптографии, не требующей капитальных затрат для трансформации технологических основ безопасности сетей.

Государственная поддержка позволила не только увеличить число исследований, но и сформировать рынок квантовых коммуникаций в России. Хотя сегодня выручка отечественных стартапов ниже, чем у таких лидеров рынка квантовых технологий, как ID Quantique, существует значительный потенциал для дальнейшего роста. Если сегодня рынок квантовых коммуникаций в РФ развивается по принципу «technology push», когда значительные средства выделяются

государством для достижения технологического лидерства в мировой «квантовой гонки» и обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры, то в долгосрочной перспективе ожидается формирование ценности создаваемых продуктов для значительного числа конечных клиентов с реализацией принципа «market pull».

Ускорение развития квантовых коммуникаций в Российской Федерации может быть достигнуто за счёт

1) привлечения к разработке прикладных решений не только в области наземных сетей КРК, но и пост-квантовых алгоритмов, таких отечественных телекоммуникационных и высокотехнологичных компаний, как Ростелеком, Яндекс, Лаборатория Касперского и т.д.;

2) увеличения результативности исследовательской активности в рамках совершенствования характеристик оборудования и разработки клиентоцентричных продуктов;

3) развития смежных областей, прежде всего квантовых вычислений, для повышения спроса на продукцию квантовых коммуникаций в целях обеспечения безопасности сетей, формирования инфраструктурных основ для коммуникации квантовых систем.

Литература

1. Chen, YA., Zhang, Q., Chen, TY. et al. An integrated space-to-ground quantum communication network over 4,600 kilometres. Nature 589, 214–219 (2021). URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03093-8>
2. Паспорт «дорожной карты» развития высокотехнологичной области "квантовые коммуникации" на период до 2024 года. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384672/
3. IDQ and SK Broadband complete phase one of nation-wide Korean QKD Network. URL: <https://www.idquantique.com/idq-and-sk-broadband-complete-phase-one-of-nation-wide-korean-qkd-network/>
4. ID Quantique and SK Broadband selected for the construction of the first nation-wide QKD network in Korea. URL: <https://www.idquantique.com/id-quantique-and-sk-broadband-selected-for-the-construction-of-the-first-nation-wide-qkd-network-in-korea/>
5. ЕГИСУ НИОКТР. URL: <https://rosrid.ru/global-search>
6. EU CORDIS. URL: <https://cordis.europa.eu/search/en>
7. National Collaborative Research Infrastructure Strategy Program. URL: <https://researchdata.edu.au>
8. Government of Canada. URL: <https://search.open.canada.ca/grants/>
9. Ministry of Science and ICT. URL <https://www.ntis.go.kr/>
10. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT); the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS). URL: <https://kaken.nii.ac.jp/index/>
11. Google patents. URL: <https://patents.google.com/>
12. Венчурный фонд «Сколково». URL: <https://sk.ru/sk-ventures/>
13. UN Comtrade Databse. URL: <https://comtradeplus.un.org/>
14. Лобов Д.С. Финансирование НИОКТР в области квантовых коммуникаций в России и за рубежом//Инновации в менеджменте. - 4 (34). - 2022. - С. 8-15
15. Growjo. Indexing and predicting the fastest growing companies in 2023. URL: <https://growjo.com/company/>

R&D COSTS, PATENT ACTIVITY AND DEVELOPMENT OF THE QUANTUM COMMUNICATIONS MARKET IN RUSSIA AND ABROAD

Lobov, Daniil Sergeevich

Candidate of economic sciences

MGIMO, Department of innovation management, senior lecturer

Moscow, Russian Federation

D.lobov@odin.mgimo.ru

Abstract

The article is aimed at researching R&D costs, patent activity in the field of quantum communications in the Russian Federation, the European Union, South Korea, Japan, Canada and Australia from 2014 to 2022, an analysis of the prospects for the development of the quantum communications market in the Russian Federation. The results of the study indicate an increase in spending on both applied and basic research in most of the countries considered. Despite Russia's leadership in financing scientific research, there is a low patent activity of the subjects of the national innovation system. It has been determined that the quantum communications market in the Russian Federation is at the first stages of its formation and is developing in accordance with the "technology push" principle. To accelerate the formation of a high-tech direction, it is worth paying attention to increasing the effectiveness of applied research aimed at creating client-centric products, attracting telecommunications and high-tech companies to technology development.

Keywords

quantum communications, quantum key distribution, quantum encryption, post-quantum encryption, R&D costs, high-tech direction, patent activity, innovative markets, quantum communications market, technology push, market pull, national innovation system

References

1. Chen, YA., Zhang, Q., Chen, TY. et al. An integrated space-to-ground quantum communication network over 4,600 kilometres. *Nature* 589, 214–219 (2021). URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03093-8>
2. Passport "dorozhnoj karty" razvitiya vysokotekhnologichnoj oblasti "kvantovye kommunikacii" na period do 2024 goda. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384672/
3. IDQ and SK Broadband complete phase one of nation-wide Korean QKD Network. URL: <https://www.idquantique.com/idq-and-sk-broadband-complete-phase-one-of-nation-wide-korean-qkd-network/>
4. ID Quantique and SK Broadband selected for the construction of the first nation-wide QKD network in Korea. URL: <https://www.idquantique.com/id-quantique-and-sk-broadband-selected-for-the-construction-of-the-first-nation-wide-qkd-network-in-korea/>
5. EGISU NIOKTR. URL: <https://rosrid.ru/global-search>
6. EU CORDIS. URL: <https://cordis.europa.eu/search/en>
7. National Collaborative Research Infrastructure Strategy Program. URL: <https://researchdata.edu.au>
8. Government of Canada. URL: <https://search.open.canada.ca/grants/>
9. Ministry of Science and ICT. URL <https://www.ntis.go.kr/>
10. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT); the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS). URL: <https://kaken.nii.ac.jp/index/>
11. Google patents. URL: <https://patents.google.com/>
12. Venchurnyj fond «Skolkovo». URL: <https://sk.ru/sk-ventures/>
13. UN Comtrade Databse. URL: <https://comtradeplus.un.org/>
14. Lobov D.S. Finansirovanie NIOKR v oblasti kvantovyh kommunikacij v Rossii i za rubezhom // Innovacii v menedzhmente. - 4 (34). - 2022. - S. 8-15
15. Growjo. Indexing and predicting the fastest growing companies in 2023. URL: <https://growjo.com/company/>