

Измерение информационного общества

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАНИЙ-ЛИДЕРОВ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Статья рекомендована к публикации членом редакционного совета С. Б. Шапошником 05.11.2024.

Лобов Даниил Сергеевич

Кандидат экономических наук
МГИМО МИД РФ, старший преподаватель; научный сотрудник Лаборатории новых
полупроводниковых материалов для квантовой информатики и телекоммуникаций
АО «Кэпт», помощник менеджера
Москва, Российская Федерация
d.lobov@odin.mgimo.ru

Шевчук Дмитрий Степанович

НИУ «Высшая школа экономики», Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента, аспирант
Санкт-Петербург, Российская Федерация
dsshevchuk@hse.ru

Тесленко Тимофей Сергеевич

НИУ «Высшая школа экономики», Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента, магистр
Санкт-Петербург, Российская Федерация
tsteslenko@edu.hse.ru

Аннотация

Квантовые технологии обладают потенциалом трансформации телекоммуникационной индустрии. Отрасль квантовых коммуникаций уже переходит от стадии научных исследований к коммерческому применению в России, Китае, США, Сингапуре и ряде других стран. Авторы поставили цель определить основных лидеров развития квантовых коммуникаций в мире, выявить характерные для них свойства. В результате анализа выручки и затрат компаний на НИОКР, патентной активности и сведений о пилотных проектах в области квантовых коммуникаций мы установили, что производители оборудования демонстрируют несколько большую научно-исследовательскую активность, чем телекоммуникационные компании, что может свидетельствовать о закреплении их технологического лидерства не только на традиционных, но и новых рынках. Показатели доли затрат на НИОКР, общая патентная активность и географическое расположение производителей телекоммуникационного оборудования не коррелируют с практикой участия в пилотировании технологий квантовых коммуникаций.

Ключевые слова

квантовые технологии; квантовые коммуникации; квантовое распределение ключей; научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

Введение

Квантовые технологии обладают большим потенциалом влияния на развитие телекоммуникационной индустрии [1]. Квантовые коммуникации представляют собой технологии, связанные с передачей квантовых состояний в пространстве.

Одним из направлений квантовых коммуникаций является создание защищенных каналов связи на основе квантового распределения ключей (КРК) — метода, который использует квантовые частицы для передачи криптографических ключей и обеспечивает гарантированную самими принципами квантовой механики защиту данных от компрометации и несанкционированного

© Лобов Д. С., Шевчук Д. С., Тесленко Т. С., 2025

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

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «С указанием авторства – С сохранением условий» версии 4.0 Международная, размещенной по адресу:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.ru>

https://doi.org/10.52605/16059921_2025_03_116

доступа. КРК призвано обеспечить невиданный ранее уровень криптографической защиты передачи и хранения данных. Важно отметить, что квантовые коммуникации активно развиваются на фоне роста угроз кибербезопасности, одним из источников которых является развитие высокопроизводительных квантовых компьютеров, способных взламывать используемые сегодня криптографические алгоритмы (например, широко распространенный алгоритм RSA-2048) [2]. Таким образом квантовые коммуникации могут рассматриваться как квантовое решение для защиты от квантовой угрозы [3].

Современное состояние квантовых технологий и открывающиеся перспективы их применения представлены в работах [2, 4]. За достижениями в области квантовых технологий можно следить по материалам тематических конференций, среди которых следует выделить конференцию по квантовым технологиям ICQT 2023 [5], организованную Российским квантовым центром совместно с Росконгрессом, и ежегодную международную конференцию Inside Quantum Technology [6].

Внимание как коммерческих, так и государственных структур обращено на развитие квантовых коммуникаций как важнейшего компонента создания защищенной инфраструктуры высокотехнологичной цифровой экономики будущего [7]. Развитие квантовых коммуникаций открывает новые коммерческие возможности для производителей телекоммуникационного оборудования и поставщиков телекоммуникационных услуг. По оценкам экспертов, к 2030 году объем мирового рынка квантовых коммуникаций - в значительной степени представленного оборудованием и инфраструктурой - составит более 3 млрд долларов [8]. Государственные структуры заинтересованы в обеспечении технологического суверенитета и гарантии информационной безопасности в критически важных сферах государственного управления, оборонной сфере и ВПК, банков и финансов, здравоохранения [9]. Например, в Швейцарии системы КРК использовались для передачи данных в ходе проведения выборов в региональные органы власти [10], а Центральный банк Сингапура проводит масштабные пилотные проекты с целью оценить влияние применения КРК в национальной банковской системе [11].

На сегодняшний день национальные квантовые программы приняты почти во всех развитых странах. Лидерами по объему государственных инвестиций являются: Китай — 15 млрд долларов, ЕС — 9 млрд долларов и США — 4 млрд долларов. В 2023 году Китай подал более половины мировых патентных заявок в области квантовых технологий, ЕС занимает лидирующие позиции по числу опубликованных научных статей, а США — по их цитируемости [12]. В 2023 году национальные квантовые программы стартовали в Дании (94 млн долларов на 5 лет) и Южной Корее (2,5 млрд долларов на 12 лет), а в ряде стран завершившиеся программы были продлены, включая Великобританию (2,5 млрд фунтов на 10 лет) [13]. Российская национальная программа «Дорожная карта квантовых коммуникаций» разработана и координируется ОАО «РЖД». Бюджет первого этапа проекта в 2020–2024 гг. составляет 16,7 млрд руб. (10,2 млрд руб. из бюджета и 6,5 млрд руб. — из внебюджетных средств, в том числе ОАО «РЖД»). В наступающем году планируется продление программы и запуск второго этапа дорожной карты [14].

За последние семь-десять лет технологии квантовых коммуникаций перешли от фундаментальных исследований к прикладным разработкам и начальным стадиям практического внедрения в ряде стран [3]. На сегодняшний день наиболее развитые проекты реализуются в Китае. Уже создана коммерческая квантовая оптоволоконная сеть между Пекином и Шанхаем со скоростью передачи ключа около 80 кбит/с, к которой подключены 150 организаций-клиентов. В 2021 году в Китае был запущен спутниковый сегмент квантовой сети, обеспечивающий квантово-защищенный обмен информацией на расстояниях до 4600 км. В США создана коммерческая квантовая оптоволоконная сеть длиной 800 км, соединяющая Бостон, Нью-Йорк и Вашингтон. В Южной Корее при поддержке национального телеком-оператора SK Telecom и швейцарского вендора ID Quantique к 2025 году планируется создать квантовую сеть протяженностью 2000 км. Амбициозным проектом является европейская инициатива EuroQCI, направленная на создание квантовой сети, объединяющей 27 стран ЕС и включающей оптоволоконные линии связи и спутниковый сегмент для подключения удаленных точек [13]. В России ключевым проектом в рамках Дорожной карты квантовых коммуникаций является строительство магистральной квантовой сети между Санкт-Петербургом и Москвой [14]. Научно-исследовательские проекты, нацеленные на достижение скорости шифрования от 100 Гбит/с с поддержкой КРК реализуются в ЕС, Японии и Швейцарии. На сегодня ведущими мировыми производителями коммерческого оборудования для квантовых коммуникаций являются Toshiba (Япония), ID Quantique (Швейцария)

и QuantumCTek (Китай). Так, Toshiba выпускает коммерческое оборудование КРК с мультиплексированием каналов при длине линий связи до 70 км и скоростью передачи ключа до 40 кбит/с [7]. В контексте обсуждения развития российского рынка оборудования квантовых коммуникаций следует отметить первые шаги компаний ИнфоТеКС, СМАРТС-Кванттелеком, QRate и QSpace [15].

Логичным направлением развития и следующим шагом к широкому применению квантовых коммуникаций становится процесс, когда крупные телекоммуникационные компании и производители телекоммуникационного оборудования начинают поступательно внедрять квантовые решения в свои сети и продукты. Цель настоящего исследования заключается в анализе активности крупных игроков телекоммуникационной отрасли и производителей телекоммуникационного оборудования в контексте их участия в развитии квантовых коммуникаций.

1 Методология исследования

Анализ телекоммуникационных компаний основан на перечне 43 объектов. Телекоммуникационные компании были отобраны с применением фильтра: выручка не менее 1,5 млрд долл. в год. Анализ производителей телекоммуникационного оборудования и электроники включил 36 компаний с выручкой не менее 2 млрд долл.

Были собраны следующие статистические данные по компаниям:

1. Выручка с 2015 по 2022 гг. на основании годовых отчетов (все валюты переведены в долл. США в соответствии с курсом валюты на последнюю дату анализируемого года);
2. Затраты на НИОКР с 2015 по 2022 гг. на основании годовых отчетов (все валюты переведены в долл. США в соответствии с курсом валюты на последнюю дату анализируемого года);
3. Количество заявок на охрану патентов с 2015 по 2022 гг. с применением базы данных патентной активности Google Patents (ключевые слова – названия анализируемых компаний);
4. Количество заявок на охрану патентов в области квантовых коммуникаций с 2015 по 2022 гг. с применением базы данных патентной активности Google Patents (ключевые слова: quantum key distribution; QKD; quantum communications);
5. Количество пилотных проектов по внедрению квантовых коммуникаций в телекоммуникационные сети на основании данных в сети Интернет (поиск в разделе «новости» на сайте Google по ключевым словам: «название компании», quantum key distribution, QKD).

Собранные данные были проанализированы с применением следующего алгоритма:

1. Получен средний показатель выручки по каждой компании за 2015–2022 гг.
2. Получен средний показатель затрат на НИОКР по 15 телекоммуникационным компаниям и 18 компаниям в области электроники и оборудования за 2015–2022 гг.
3. Получен средний показатель кол-ва патентных заявок по каждой компании за 2015–2022 гг.
4. Получен совокупный показатель кол-ва патентных заявок в области квантовых коммуникаций по каждой компании за 2015–2022 гг.
5. Получен совокупный показатель пилотных проектов в области квантовых коммуникаций по каждой компании за 2015–2022 гг.
6. Для телекоммуникационных компаний проведена группировка компаний (от 0 до 10 группы) по выручке, патентам с учетом наличия статистических выбросов. Компании, вошедшие в группу 0–3, были определены как компании с низкими показателями, 4–6 – средними, 7–10 – высокими.
7. Для телекоммуникационных компаний проведена оценка средней доли затрат на НИОКР в выручке компаний. Компании с долей менее 1% определены как компании с низкими показателями затрат, более 1% – средними показателями затрат, более 2% – высокими показателями затрат.

8. Для производителей проведена группировка компаний (от 0 до 10 группы) по выручке. Компании, вошедшие в группу 0–2, были определены как компании с низкими показателями, 2–5 – средними, 6–10 – высокими.
9. Для производителей проведена группировка компаний (от 0 до 10 группы) по патентам с учетом наличия статистических выбросов. Компании, вошедшие в группу 0–3, были определены как компании с низкими показателями, 4–6 – средними, 7–10 – высокими.
10. Для производителей проведена оценка средней доли затрат на НИОКР в выручке компаний. Компании с долей менее 8% определены как компании с низкими показателями затрат, более 8% – средними показателями затрат, более 18% – высокими показателями затрат.
11. Дана качественная оценка зависимости активности участия компаний в развитии рынка квантовых коммуникаций от их показателей выручки, патентной активности, географии присутствия, затрат на НИОКР.

2 Результаты

Телекоммуникационные компании

Таблица 1. Данные по средней выручке (млн долл. США), среднему количеству охраняемых патентов, средним затратам на НИОКР (млн долл. США) в год, средней доле затрат на НИОКР в выручке (%), совокупному количеству патентов и проектов пилотирования в области квантовых коммуникаций с 2015 по 2022 гг.

Компани я	Страна	Средняя выручка	Ср. кол- во заявок	Кол-во заявок (квантов ые комм.)	Проекты пилотир ования	Затраты на НИОКР	Доля в выручке
AT&T	США	154,949	661	8	0	836	2,8%
Verizon	США	130,638	388	3	1	1 392	0,9%
China Mobile	Китай	111,072	8358	7	1	-	-
NTT	Япония	104,445	8521	4	1	-	-
Deutsche Telekom	Германия	98,338	190	29	1	2 008	1,9%
China Telecom	Китай	57,416	3592	36	1	55	0,1%
Telefonica	Испания	53,410	25	1	1	685	0,6%
Vodafone	Великоб ритания	51,441	54	0	1	379	0,7%
Orange	Франция	47,201	2390	0	3	1 004	1,9%
China Unicom	Китай	45,360	2188	3	1	-	-
KDDI	Япония	43,370	740	0	0	-	-
British Telecom	Великоб ритания	30,394	162	32	2	231	1,1%
KT Corporati on	Южная Корея	20,887	1629	21	1	-	-
Telstra	Австрали я	19,044	3	0	0	475	2,7%
BCE	Канада	17,388	3	0	0	-	-
Saudi Telecom	Саудовск ая Аравия	15,356	0	0	0	530	3,6%
SK telecom	Южная Корея	14,794	274	6	1	-	-

Компани я	Страна	Средняя выручка	Ср. кол- во заявок	Кол-во заявок (квантов ые комм.)	Проекты пилотир ования	Затраты на НИОКР	Доля в выручке
Telenor	Норвегия	13,025	0	0	0	-	-
Singtel	Сингапур	12,179	0,25	0	1	-	-
Swisscom	Швейцар ия	11,947	3,5	0	1	62	0,6%
MTN Group	Южная Африка	10,841	0,25	0	0	44	0,3%
LG Uplus	Южная Корея	10,768	153	2	1	6	0,1%
Telia	Швеция	9,560	12	0	0	34	0,4%
Telkom Indonesia	Индонези я	9,103	0	0	0	-	-
Frontier Communi cations	США	7,459	0,875	0	0	-	-
MTS	Россия	7,113	0,87	0	0	-	-
Proximus	Бельгия	6,512	0,5	0	1	-	-
KPN	Нидерла нды	6,084	58	0	1	-	-
Rosteleko m	Россия	6,059	0	0	2	-	-
Telecom Argentina	Аргентин а	5,969	0	0	0	-	-
A1 Telekom Austria Group	Австрия	5,652	0	0	0	-	-
Windstrea m Holdings	США	5,611	0,13	0	0	-	-
Telephone and Data Systems	США	5,208	0,25	0	0	-	-
Megafon	Россия	5,063	0,25	0	0	-	-
Advanced Info Service	Таиланд	4,871	0	0	0	-	-
Vimpelko m	Россия	4,303	0	0	0	-	-
Türk Telekom	Турция	3,944	0,14	0	0	-	-
Turkcell	Турция	3,908	305	0	0	-	-
PLDT	Филиппи ны	3,521	0	0	0	-	-
Du (company)	ОАЭ	3,361	0	0	0	-	-
Globe Telecom	Филиппи ны	2,710	0,12	0	0	-	-
Zayo Group	США	1,968	0,5	0	1	-	-
OTE	Греция	1,743	0	0	0	504	1,1%

Таблица 2. Группировка компаний с учетом статистических выбросов

Компания	Группа выручки	Группа патентной активности
AT&T	10	10
Verizon	10	6
NTT	10	10
Deutsche Telekom	10	3
China Mobile	10	10
China Telecom	7	10
Vodafone	6	1
Telefonica	6	1
China Unicom	5	10
KDDI	5	10
Orange	5	10
British Telecom	4	3
KT Corporation	3	10
Telstra	2	1
BCE	2	1
Saudi Telecom	2	0
SK telecom	2	5
Swisscom	2	1
Singtel	2	1
Telenor	2	0
MTN Group	1	1
LG Uplus	1	3
Telkom Indonesia	1	0
Telia	1	1
Proximus	1	1
Frontier Communications	1	1
Windstream Holdings	1	1
KPN	1	1
MTS	1	1
Rostelekom	1	0
Megafon	1	1
Вымпелком	1	0
Telephone and Data Systems	1	1
Advanced Info Service	1	0
A1 Telekom Austria Group	1	0
PLDT	1	0
OTE	1	0
Du (company)	1	0
Telecom Argentina	1	0
Turkcell	1	5
Globe Telecom	1	1
Türk Telekom	1	1
Zayo Group	1	1

Таблица 3. Описание компаний на основе проведенного анализа

Компания	Страна	Описание
AT&T	США	Высокая выручка, высокая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Verizon	США	Высокая выручка, средняя патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
China Mobile	Китай	Высокая выручка, высокая патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
NTT	Япония	Высокая выручка, высокая патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Deutsche Telekom	Германия	Высокая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
China Telecom	Китай	Высокая выручка, высокая патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Telefonica	Испания	Средняя выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Vodafone	Великобритания	Средняя выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Orange	Франция	Средняя выручка, высокая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
China Unicom	Китай	Средняя выручка, высокая патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
KDDI	Япония	Средняя выручка, высокая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
British Telecom	Великобритания	Средняя выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
KT Corporation	Южная Корея	Низкая выручка, высокая патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Telstra	Австралия	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
BCE	Канада	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Saudi Telecom	Саудовская Аравия	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
SK telecom	Южная Корея	Низкая выручка, средняя патентная активность, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Telenor	Норвегия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций

Компания	Страна	Описание
Singtel	Сингапур	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Swisscom	Швейцария	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
MTN Group	Южная Африка	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
LG Uplus	Южная Корея	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Telia	Швеция	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Telkom Indonesia	Индонезия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Frontier Communications	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
MTS	Россия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Proximus	Бельгия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
KPN	Нидерланды	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Rostelekom	Россия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Telecom Argentina	Аргентина	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
A1 Telekom Austria Group	Австрия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Windstream Holdings	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Telephone and Data Systems	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Megafon	Россия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Advanced Info Service	Таиланд	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Vimpelkom	Россия	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций

Компания	Страна	Описание
Türk Telekom	Турция	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Turkcell	Турция	Низкая выручка, средняя патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
PLDT	Филиппины	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Du (company)	ОАЭ	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Globe Telecom	Филиппины	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Zayo Group	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
OTE	Греция	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций

Результаты обобщения

Среди компаний с высокой выручкой – 100%, средней выручкой – 83%, низкой выручкой – 29% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

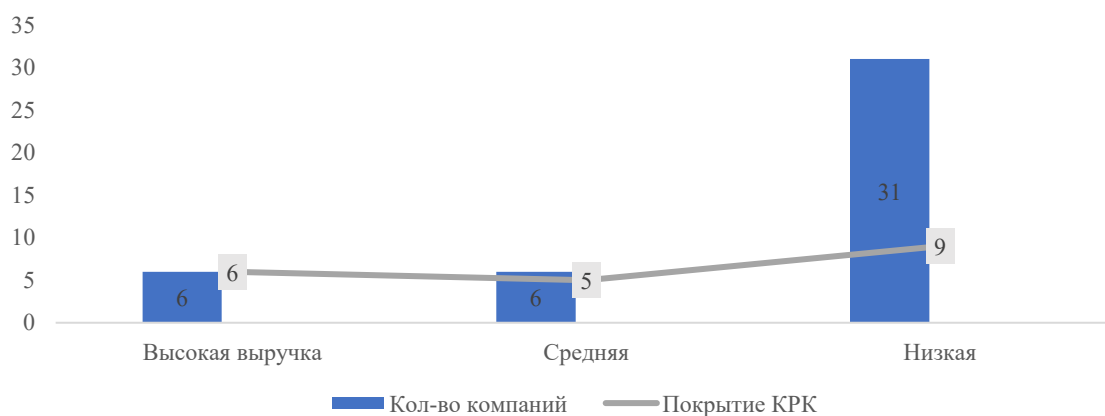


Рисунок 1. Количество телекоммуникационных компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам выручки

Среди компаний с высокой патентной активностью – 88%, средней патентной активностью – 67%, низкой патентной активностью – 34% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

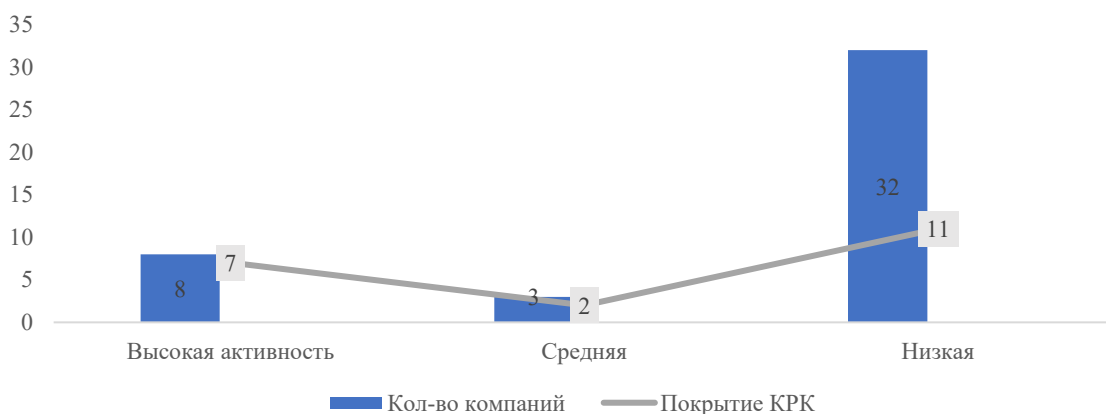


Рисунок 2. Количество телекоммуникационных компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам патентной активности

Среди компаний с высокой долей затрат на НИОКР – 33%, средней долей затрат – 67%, низкой долей затрат – 67% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

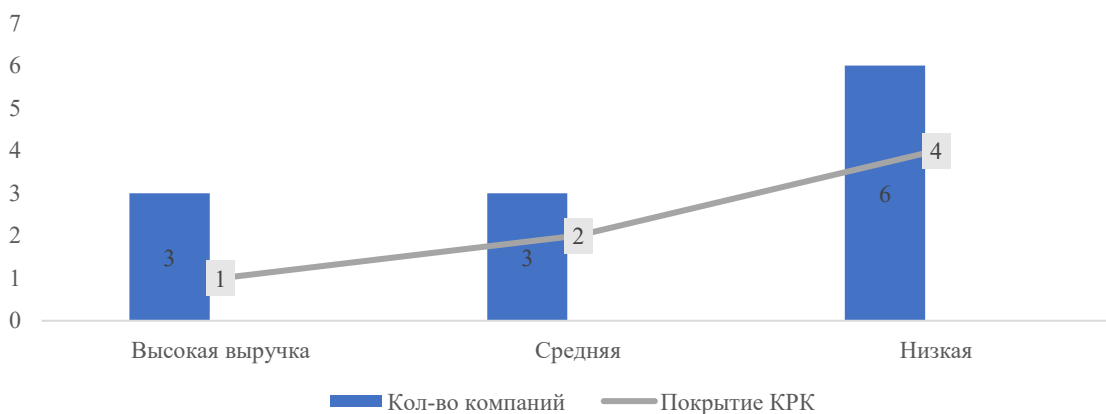


Рисунок 3. Количество телекоммуникационных компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам затрат на НИОКР

Среди компаний США – 50%, Европы – 67%, Китая – 100%, Японии – 50%, Южной Кореи – 100%, прочих стран – 8%, России – 33%, либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

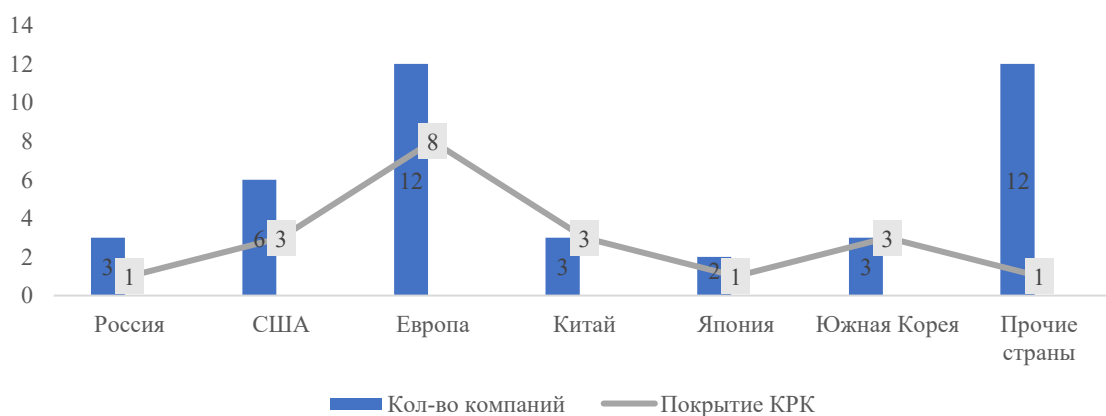


Рисунок 4. Количество телекоммуникационных компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по странам

Выводы по телекоммуникационным компаниям:

В относительных показателях наиболее склонны к пилотированию квантовых коммуникаций лидеры рынка телекоммуникационных услуг, а также компании с высокой научно-исследовательской активностью.

Доля затрат на НИОКР не коррелирует с практикой участия в пилотировании технологий квантовых коммуникаций.

Наиболее активное участие в пилотировании технологий КРК принимают телекоммуникационные компании в странах Азии, где развитие направления активно поддерживается государством (в Китае, Южной Корее). В каждой технологически развитой стране наблюдается активность не менее одной крупной телекоммуникационной компании.

В целом отношение телекоммуникационных компаний к технологиям квантовых коммуникаций можно описать как сдержанный интерес к перспективной дорогостоящей технологии, поддерживаемый государством.

Производители телекоммуникационного оборудования и электроники

Таблица 4. Данные по средней выручке (млн долл. США), среднему количеству охраняемых патентов, средним затратам на НИОКР (млн долл. США) в год, средней доле затрат на НИОКР в выручке (%), совокупному количеству патентов и проектов пилотирования в области квантовых коммуникаций с 2015 по 2022 гг.

Компани я	Страна	Средняя выручка	Ср. кол- во заявок	Кол-во заявок (квантов ые комм.)	Проекты пилотир ования	Затраты на НИОКР	Доля в выручке
Samsung Electronic s	Южная Корея	207 665	78 924	0	1	16 502	7,9%
Hitachi	Япония	81 336	39 799	0	2	2 766	3,4%
Intel	США	67 533	14 879	0	0	13 885	20,6%
Sony	Япония	78 186	25 095	0	0	3 934	5,0%
IBM	США	73 630	14 621	189	0	5 232	7,1%
Panasonic	Япония	66 000	43 362	0	0		
Cisco	США	6 393	4 054	12	1	6 393	12,8%
Fujitsu	Япония	34 608	11 937	0	1		0,0%
Toshiba	Япония	33 523	22 787	91	6	1 004	3,0%
NEC	Япония	25 989	11 062	20	2		
Nokia	Финлянд ия	25 967	4 675	10	2	5 136	19,8%
Huawei	Китай	99 107	56 570	46	2	17 075	17,2%
Ericsson	Швеция	25 105	15 735	16	1	4 158	16,6%
Nvidia	США	14 354	463	0	2	3 291	22,9%
Fortinet	США	2 263	49	0	4	294	13,0%
ABB	Швейцар ия	28 221	4 956	0	2	5 100	18,1%
Texas Instrumen ts	США	15 541	1 593	0	0	1 499	9,6%
Broadcom	США	20 711	40	0	0	3 779	18,2%
TE Connectiv ity	США	13 323	754	0	0	647	4,9%
Siemens	Германия	39 861	23 619	1	1	3 457	8,7%
AMD	США	9 571	1 355	0	0	1 996	20,9%
Ciena	США	3 162	95	1	1	509	16,1%
Belden	США	2 197	5	0	0	116	5,3%

Компани я	Страна	Средняя выручка	Ср. кол- во заявок	Кол-во заявок (квантов ые комм.)	Проекты пилотир ования	Затраты на НИОКР	Доля в выручке
ZTT	Китай	2 388	219	0	0	83	3,5%
Micron	США	20 802	7 094	0	0	2050	9,9%
Qualcom m	США	27 429	34 576	0	1	6062	22,1%
Arista Networks	США	2 228	115	0	0	442	19,9%
Keyence	Япония	2 351	204	0	0	Н/Д	Н/Д
KLA	США	4 978	1 557	0	0	719	14,5%
Canon	Япония	33 280	18 369	0	0	2676	8,0%
Lenovo	Китай	51 713	8 853	0	0	1435	2,8%
Microsoft	США	126 803	20 079	0	0	16646	13,1%
Amazon	США	264 075	4 059	1	4	5343	2,0%
HPE Aruba	США	29 185	79	1	0	1785	6,1%
Juniper	США	4 806	626	1	1	993	20,7%
Palo Alto Networks	США	2 801	95	0	0	635	22,7%

Таблица 5. Группировка компаний с учетом статистических выбросов

Компания	Группа выручки	Группа патентной активности
Samsung Electronics	10	10
Amazon	10	1
Microsoft	9	4
Huawei	7	10
Hitachi	6	8
Sony	6	5
IBM	6	3
Intel	5	3
Panasonic	5	9
Cisco	4	1
Lenovo	4	2
Fujitsu	3	3
Toshiba	3	5
Siemens	3	5
Canon	3	4
NEC	2	3
Nokia	2	1
Ericsson	2	4
ABB	2	1
Broadcom	2	0
Micron	2	2
Qualcomm	2	7
HPE Aruba	2	1
Nvidia	1	1
Texas Instruments	1	1
TE Connectivity	1	1
AMD	1	1

Компания	Группа выручки	Группа патентной активности
Ciena	1	1
Belden	1	0
ZTT	1	1
Arista Networks	1	1
Keyence	1	1
KLA	1	1
Juniper	1	1
Palo Alto Networks	1	1
Fortinet	0	1

Таблица 6. Описание компаний на основе проведенного анализа

Компания	Страна	Описание
Samsung Electronics	Южная Корея	Высокая выручка, высокая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Amazon	США	Высокая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Microsoft	США	Высокая выручка, средняя патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Huawei	Китай	Высокая выручка, высокая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Hitachi	Япония	Высокая выручка, высокая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Intel	США	Средняя выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Sony	Япония	Средняя выручка, средняя патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
IBM	США	Средняя выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Panasonic	Япония	Средняя выручка, высокая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Cisco	США	Средняя выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Lenovo	Китай	Средняя выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Fujitsu	Япония	Средняя выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Toshiba	Япония	Средняя выручка, средняя патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций

Компания	Страна	Описание
Siemens	Германия	Средняя выручка, средняя патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
NEC	Япония	Средняя выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Canon	Япония	Низкая выручка, средняя патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Nokia	Финляндия	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Ericsson	Швеция	Низкая выручка, средняя патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
ABB	Швейцария	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Broadcom	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Micron	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Qualcomm	США	Низкая выручка, высокая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
HPE Aruba	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Nvidia	США	Низкая выручка, средняя патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Texas Instruments	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
TE Connectivity	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
AMD	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Ciena	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Belden	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
ZTT	Китай	Низкая выручка, низкая патентная активность, низкая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Arista Networks	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций

Компания	Страна	Описание
Keyence	Япония	Низкая выручка, низкая патентная активность, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
KLA	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Juniper	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, есть патенты в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций
Palo Alto Networks	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, высокая доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, нет проектов квантовых коммуникаций
Fortinet	США	Низкая выручка, низкая патентная активность, средняя доля затрат на НИОКР, нет патентов в области квантовых коммуникаций, есть проекты квантовых коммуникаций

Результаты обобщения:

Среди компаний с высокой выручкой – 80%, средней выручкой – 60%, низкой выручкой – 43% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

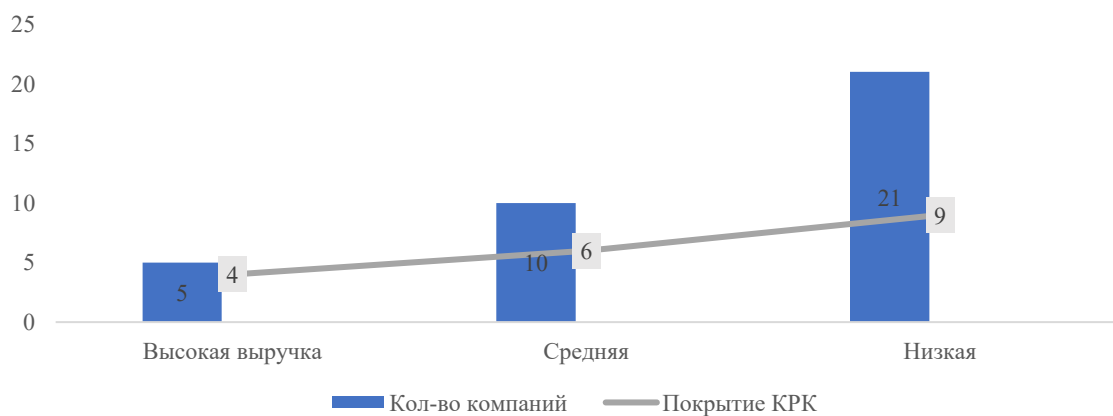


Рисунок 5. Количество компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам выручки

Среди компаний с высокой патентной активностью – 80%, средней патентной активностью – 57%, низкой патентной активностью – 50% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

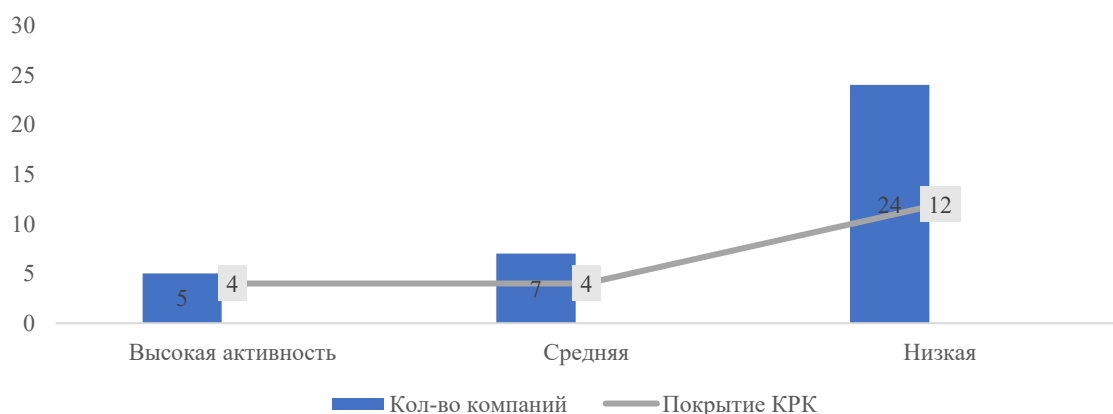


Рисунок 6. Количество компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам патентной активности

Среди компаний с высокой долей затрат на НИОКР – 50%, средней долей затрат – 62%, низкой долей затрат – 50% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

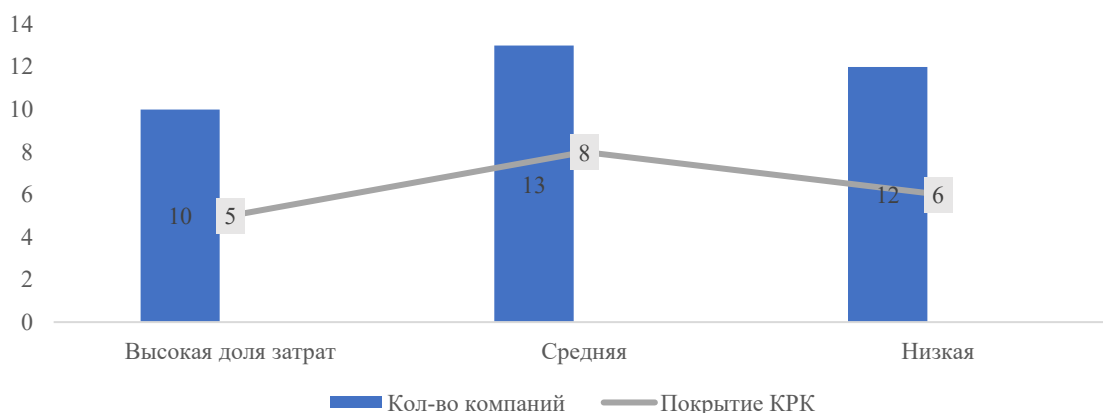


Рисунок 7. Количество компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по сегментам затрат на НИОКР

Среди компаний США – 45%, Европы – 100%, Китая – 33%, Японии – 50%, Южной Кореи – 100% либо подали заявку на охрану технологий в области квантовых коммуникаций, либо реализовали проекты пилотирования.

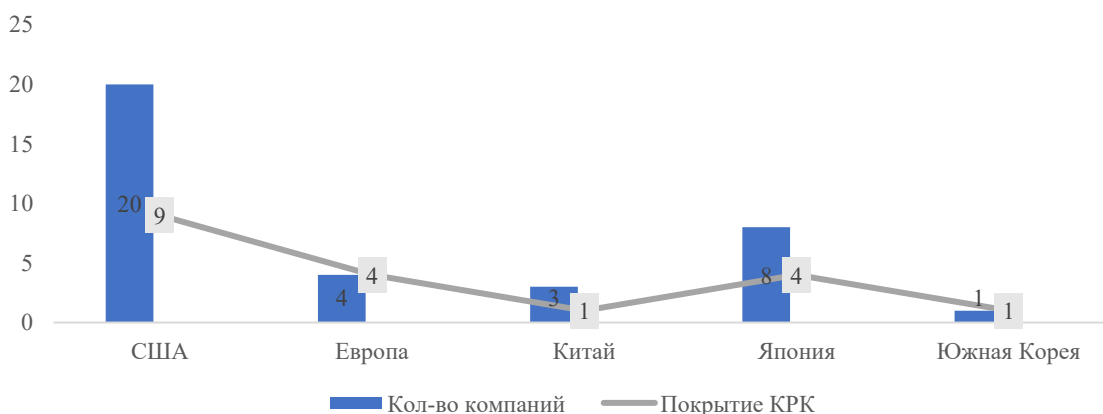


Рисунок 8. Количество компаний, участвующих в развитии рынка квантовых коммуникаций, по странам

Выводы по производителям оборудования и электроники:

Наблюдается незначительная склонность к пилотированию квантовых коммуникаций лидеров рынка электроники.

Доля затрат на НИОКР, патентная активность и географическое расположение не коррелируют с практикой участия в пилотировании технологий квантовых коммуникаций.

Сравнение отраслей

В среднем на каждую телекоммуникационную компанию приходится 3.53 заявки на патент и 0.53 проекта. В среднем на каждого производителя оборудования приходится 10.8 заявок на патент и 0.94 проекта. Можно сделать вывод о том, что технологическое лидерство производителей сохраняется не только в традиционных направлениях телекоммуникационного оборудования, но и новых решениях квантовых коммуникаций [15].

Заключение

Квантовые технологии обладают потенциалом трансформации телекоммуникационной отрасли в долгосрочной перспективе. Повышение уровня технологической готовности и коммерциализация продуктов квантовых коммуникаций наблюдаются уже в ряде стран: России, Китае, США, Сингапуре и др.

Растущее число компаний, в том числе благодаря государственной поддержке, принимают участие в развитии рынка квантовых коммуникаций. В результате исследования мы выявили, что производители телекоммуникационного оборудования показывают несколько большую научно-исследовательскую активность, чем телекоммуникационные компании, что может свидетельствовать о лидерстве не только на традиционных, но и инновационных рынках. Показатели расходов на НИОКР, патентная активность и географическое распределение производителей телекоммуникационного оборудования не демонстрируют прямой связи с участием в пилотных проектах. Основную роль в пилотировании квантовых коммуникаций играют такие лидеры рынка телекоммуникационных услуг, как Verizon, NTT, Deutsche Telekom и прочие компании с высокой научно-исследовательской активностью. Сдержанность в проявлении интереса к квантовым технологиям со стороны прочих телекоммуникационных компаний может быть вызвана высокой стоимостью предлагаемых решений и сохраняющимся потенциалом улучшения уровня технологической готовности.

Дальнейшая работа может быть посвящена вопросам региональной специфики развития рынка квантовых коммуникаций, в том числе опыту Российской Федерации. Так, в текущем исследовании, в связи с выбранной методологией анализа, не отражен значительный вклад в формирование отечественных квантовых сетей транспортной компании «РЖД», участников рынка информационной безопасности «ИнфоТекс», «Код Безопасности», «Смартс-Кванттелеком» и др.

Литература

1. ICQT // VII international conference on quantum technologies. 2023. URL: <https://conference.rqc.ru/> (дата обращения: 25.08.2024).
2. IDQ // Quantum Cryptography Installation. 2017. URL: <https://www.idquantique.com/idq-celebrates-10-year-anniversary-of-the-worlds-first-real-life-quantum-cryptography-installation/> (дата обращения: 25.08.2024).
3. Inside Quantum Technology. 2024. URL: <https://iqtevent.com/> (дата обращения: 25.08.2024).
4. MAS // MAS Collaborates with Banks and Technology Partners on Quantum Security. 2024. URL: <https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2024/mas-collaborates-with-banks-and-technology-partners-on-quantum-security> (дата обращения: 25.08.2024).
5. Olivier E. Understanding Quantum Technologies. Independently published 2023. С 524.
6. Броницкий Т. Л., Вишневецкий Л. М. Развитие отдельных высокотехнологичных направлений. Москва. 2022. С. 1–188.
7. Квантовые технологии для государства и бизнеса: настоящее и будущее: // Форум будущих технологий. Росконгресс. 2024. С. 1–17.
8. Красников Г. Я. Квантовые технологии: состояние и перспектива развития // Наноиндустрия. 2022. Том 15, № S8-1 (113). С 9–16.
9. Лобов Д. С. Финансирование НИОКР, патентная активность и развитие рынка квантовых коммуникаций в России и за рубежом // Информационное общество. 2023. №5. С. 123–133.
10. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации // Национальный проект «Экономика данных». 2023. URL: [//digital.gov.ru/ru/events/45686/](https://digital.gov.ru/ru/events/45686/) (дата обращения: 25.08.2024).
11. Паспорт дорожной карты развития высокотехнологичной области квантовые коммуникации на период до 2024 года: утвержден на заседании Президиума комиссии от 27.08.2020 №17 // Минцифры. 2024.
12. Федоров А. К. Квантовые технологии: от научных открытий к новым приложениям // Фотоника. 2019. Том 13, № 6. С. 574–583.

13. Шевчук Д. С. Перспективы прикладного применения экосистемного подхода при рассмотрении квантовых технологий // Экономика и предпринимательство. 2022. № 12 (149). С. 957–963.
14. Шевчук Д. С., Лобов Д. С. Взгляд стратегического менеджмента на квантовые технологии // Экономика и предпринимательство. 2024. №8. С. 1020–1031.
15. Iain Morris // Telcos spend pathetically little on R&D, and it's often shrinking. 2022. URL: <https://www.lightreading.com/cloud/telcos-spend-pathetically-little-on-r-d-and-it-s-often-shrinking>

RESEARCH OF LEADING COMPANIES IN THE DEVELOPMENT OF THE GLOBAL QUANTUM COMMUNICATIONS MARKET

Lobov, Daniil Sergeevich

*Candidate of economic sciences
MGIMO University, senior lecturer
Kept, associate manager
Moscow, Russian Federation
d.lobov@odin.mgimo.ru*

Shevchuk, Dmitrii Stepanovich

*National Research University Higher School of Economics, St. Petersburg school of economics and management,
doctoral student
Saint Petersburg, Russian Federation
dsshevchuk@hse.ru*

Teslenko, Timofey Sergeevich

*National Research University Higher School of Economics, St. Petersburg school of economics and management,
master's degree student
Saint Petersburg, Russian Federation
tsteslenko@edu.hse.ru*

Abstract

Quantum technologies have the potential to transform the telecommunications industry. The quantum communications industry is already moving from the stage of scientific research to commercial application in Russia, China, the USA, Singapore and a number of other countries. The authors set a goal to identify the main leaders in the development of quantum communications in the world, to identify their characteristic properties. As a result of the analysis of revenue and R&D costs of companies, patent activity and information on pilot projects in the field of quantum communications, we found that equipment manufacturers demonstrate slightly greater R&D activity than telecommunications companies, which may indicate the consolidation of their technological leadership not only in traditional but also in new markets. The indicators of the share of R&D costs, total patent activity and geographic location of telecommunications equipment manufacturers do not correlate with the practice of participation in piloting quantum communications technologies.

Keywords

quantum technologies; quantum communications; quantum key distribution; research and development

References

1. ICQT // VII international conference on quantum technologies. 2023. URL: <https://conference.rqc.ru/> (access date: 08/25/2024).
2. IDQ // Quantum Cryptography Installation. 2017. URL: <https://www.idquantique.com/idq-celebrates-10-year-anniversary-of-the-worlds-first-real-life-quantum-cryptography-installation/> (access date: 08/25/2024).
3. Inside Quantum Technology. 2024. URL: <https://iqtevent.com/> (access date: 08/25/2024).
4. MAS // MAS Collaborates with Banks and Technology Partners on Quantum Security. 2024. URL: <https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2024/mas-collaborates-with-banks-and-technology-partners-on-quantum-security> (accessed: 25.08.2024).
5. Olivier E. Understanding Quantum Technologies. Independently published 2023. P. 524.
6. Bronickij T. L., Vishnevskij L. M. Razvitie otдел'nyh vysokotekhnologichnyh napravlenij. Moskva. 2022. S. 1–188.
7. Kvantovye tekhnologii dlya gosudarstva i biznesa: nastoyashchee i budushchee: // Forum budushchih tekhnologij. Roskongress. 2024. S. 1–17.
8. Krasnikov G. Ya. Kvantovye tekhnologii: sostoyanie i perspektiva razvitiya // Nanoindustriya. 2022. Tom 15, № S8-1 (113). S 9–16.

9. Lobov D. S. Finansirovanie NIOKR, patentnaya aktivnost' i razvitie rynka kvantovykh kommunikacij v Rossii i za rubezhom // Informacionnoe obshchestvo. 2023. № 5. S. 123–133.
10. Ministerstvo cifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikacij Rossijskoj Federacii // Nacional'nyj proekt "Ekonomika dannyh". 2023. URL: [//digital.gov.ru/ru/events/45686/](https://digital.gov.ru/ru/events/45686/) (access date: 25.08.2024).
11. Pasport dorozhnoj karty razvitiya vysokotekhnologichnoj oblasti kvantovye kommunikacii na period do 2024 goda: utverzhden na zasedanii Prezidiuma komissii ot 27.08.2020 № 17 // Mincifry. 2024.
12. Fedorov A. K. Kvantovye tekhnologii: ot nauchnykh otkrytij k novym prilozheniyam // Fotonika. 2019. Tom 13, № 6. S. 574–583.
13. Shevchuk D. S. Perspektivy prikladnogo primeneniya ekosistemnogo podhoda pri rassmotrenii kvantovykh tekhnologij // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2022. № 12 (149). S. 957–963.
14. Shevchuk D. S., Lobov D. S. Vzglyad strategicheskogo menedzhmenta na kvantovye tekhnologii // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2024. №8. S. 1020–1031. Lobov D. S. R & D financing, patent activity and development of the quantum communications market in Russia and abroad // Informacionnoe obshchestvo. 2023. No. 5. P. 123 – 133.
15. Iain Morris // Telcos spend pathetically little on R&D, and it's often shrinking. 2022. URL: <https://www.lightreading.com/cloud/telcos-spend-pathetically-little-on-r-d-and-it-s-often-shrinking>