



**Региональное подготовительное собрание  
к ВКРЭ-21 для стран СНГ (РПС-СНГ)**  
Виртуальное, 21-22 апреля 2021 года



Документ RPM-CIS21/INF/1-R  
22 марта 2021 г.  
Только на русском

**Директор, Бюро развития электросвязи**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МСЭ-D ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА  
СНГ В ПЕРИОД 2022-2025 - ИКТ ИНФРАСТРУКТУРА**

---

|              |                                  |                                                                          |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Координатор: | Фамилия/организация/объединение: | Мочу Наталья, Региональный директор, Региональное отделение для СНГ, МСЭ |
|              | Тел.:                            | +7 917 560 77 00                                                         |
|              | Эл. почта:                       | <a href="mailto:itu-ro-cis@itu.int">itu-ro-cis@itu.int</a>               |

[RPM-CIS21](#)

Отчет

**«Исследование МСЭ-D потенциальных направлений  
развития региона СНГ в период 2022-2025.  
Направление - ИКТ инфраструктура»**

*Версия 1.2*

*30 января 2021*

*Версия для публикации*

## СВОДНОЕ РЕЗЮМЕ

Для содействия подготовки к следующей Всемирной конференции по развитию электросвязи (ВКРЭ-21) в 2021 году Региональное отделение МСЭ для региона СНГ проводит исследование потенциальных приоритетных областей, которые наиболее часто запрашивались Государствами-Членами в последние годы. В настоящем отчете представлены результаты исследования потенциальных приоритетных областей направления «ИКТ инфраструктура», которые будут направлять программную деятельность МСЭ-D в цикле работы 2022–2025 годов.

Автор провел ряд исследований, в ходе которых были получены следующие результаты. Целью первого этапа исследования являлось определение перечня глобальных тенденций в области ИКТ инфраструктуры. Используя публично доступные отчеты и документы глобальных отраслевых организаций автором были выявлены общие тенденции развития в области ИКТ на период до 2025 года, такие как, автоматизация, сети 5G, сети будущего (Network 2030) и интернет вещей.

Второй этап исследования позволил отобрать наиболее приоритетные области развития инфраструктуры ИКТ для региона СНГ. Для получения ответа автором были использованы экспертные оценки, учитывающие мнения региональных экспертов и заинтересованных лиц, а также подготовлено предложение из 8 тематических блоков для развития ИКТ в период 2022-2025.

На третьем этапе исследования автор изучил наиболее эффективные способы развития выбранных направлений в регионе. В результате глубинных интервью с экспертами был разработан перечень актуальных методов реализации проектов в области обмена информацией на основе экспертной оценки и запросов представителей региональных организаций.

На четвертом этапе исследования, при помощи консультаций с заинтересованными лицами отраслевых организаций региона, автор составил список потенциальных партнеров по различным направлениям развития ИКТ. В списке представлены организации из разных стран региона, представляющие как государственный, научный, так и частный сектора экономики. Также было выявлено, что наиболее эффективное партнерство МСЭ может быть достигнуто за счет синергии ресурсов частных компаний, ответственных за развитие технологий в рамках национальных программ, с ресурсами научно-исследовательских организаций.

В ходе пятого этапа исследования автор выявил возможные риски при реализации проектов развития ИКТ инфраструктуры в регионе. Используя метод «карточки Кроуфорда» автор разработал матрицу рисков и мер, которые позволят избежать или минимизировать данные риски.

На основании полученных результатов исследования автором был предложен ряд рекомендаций по потенциальным приоритетным областям развития ИКТ инфраструктуры и региональным инициативам, которые могут быть рассмотрены для включения в программную деятельность МСЭ-D в цикле работы 2022–2025 годов.

## Благодарности

Региональное отделение Международного союза электросвязи (МСЭ) и автор исследования выражают благодарность за участие в опросе экспертам следующих организаций:

- Viva-MTS (Армения)
- ООО АРПИНЕТ (Армения)
- Белорусская государственная академия связи (Беларусь)
- ЧУ«Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова»(Казахстан)
- Институт электроники и телекоммуникаций (Кыргызстан)
- Государственный комитет информационных технологий и связи (Кыргызстан)
- ООО «Спектрум менеджмент» (Россия)
- Офис GSMA Россия и СНГ (Россия)
- ПАО «ВымпелКом» (Россия)
- Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича (Россия)
- ПАО «Ростелеком» (Россия)
- АК «Узбектелеком» (Узбекистан)
- Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций (Узбекистан)
- Консорциум «Украинский центр поддержки номеров и адресов» (Украина)
- Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова (Украина)
- Vodafone (Украина)
- Lifecell (Украина)

## Содержание

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>СВОДНОЕ РЕЗЮМЕ</b> .....                                                 | 2  |
| <b>Благодарности</b> .....                                                  | 3  |
| <b>Аббревиатуры</b> .....                                                   | 5  |
| <b>1. Цели и задачи исследования</b> .....                                  | 7  |
| <b>2. Методология исследования</b> .....                                    | 7  |
| <b>3. Ключевые тенденции развития ИКТ инфраструктуры</b> .....              | 9  |
| 3.1 Мероприятия по развитию ИКТ 2018-2020 (мсэ снг) .....                   | 9  |
| 3.2 Взгляд МСЭ на перспективные направления развития ИКТ .....              | 11 |
| 3.3 Приоритетные направления для мобильной отрасли .....                    | 11 |
| 3.4 Взгляд ETSI на развитие фиксированных сетей .....                       | 14 |
| 3.5 Приоритетные направления для инженерного сообщества .....               | 15 |
| <b>4. Результаты экспертной оценки</b> .....                                | 16 |
| 4.1 Приоритетные направления развития ИКТ инфраструктуры в регионе СНГ .... | 17 |
| 4.2 Наиболее востребованные методы развития ИКТ инфраструктуры .....        | 20 |
| 4.3 Потенциальные партнерства и возможности финансирования проектов .....   | 21 |
| 4.4 Потенциальные риски развития ИКТ в регионе и меры по их снижению .....  | 22 |
| <b>5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....                    | 24 |

## Перечень рисунков и таблиц

### Таблицы

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Таблица 1 - Методология исследования .....                         | 8  |
| Таблица 2 - Перечень приоритетных направлений развития ИКТ .....   | 17 |
| Таблица 3 - Наиболее востребованные активности МСЭ в регионе ..... | 21 |
| Таблица 4 - Потенциальные партнеры в регионе .....                 | 21 |
| Таблица 5 - Меры по снижению рисков .....                          | 23 |

### Рисунки

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Рисунок 1 - Мероприятия МСЭ в регионе СНГ в 2018-2020 .....                              | 10 |
| Рисунок 2 - Мобильная экономика России и СНГ 2020 .....                                  | 12 |
| Рисунок 3 - Мобильные технологии на ключевых рынках региона .....                        | 13 |
| Рисунок 4 - Приоритетные направления для мобильной отрасли .....                         | 14 |
| Рисунок 5 – Направления развития фиксированной сети пятого поколения (ETSI F5G) .....    | 15 |
| Рисунок 6 - Предлагаемые блоки приоритетных направлений .....                            | 19 |
| Рисунок 7 - Оценка рисков развития предлагаемых направлений развития ИКТ в регионе ..... | 23 |

## Аббревиатуры

|          |                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4G       | 4 <sup>th</sup> Generation, четвертое поколение мобильной связи                                        |
| 5G       | 5 <sup>th</sup> Generation, пятое поколение мобильной связи                                            |
| 6G       | 6 <sup>th</sup> Generation, шестое поколение мобильной связи                                           |
| AI       | Artificial Intelligence, искусственный интеллект                                                       |
| AR       | Augmented Reality, дополненная реальность                                                              |
| bDDN     | Big data driven networking, Сети на основе больших данных                                              |
| BI       | Business Intelligence, бизнес-аналитика                                                                |
| C&I      | соответствия и функциональной совместимости                                                            |
| D2D      | Device-to-Device Communications, коммуникации устройство-устройство                                    |
| DOA      | Digital Object Architecture, архитектура цифровых объектов                                             |
| DPI      | Deep Packet Inspection, технология глубокого анализа пакетов                                           |
| EAP      | Edge Automation Platform, Платформа автоматизации Edge                                                 |
| eFBB     | enhanced Fixed Broadband, улучшенная фиксированная широкополосная связь                                |
| eSIM     | Embedded SIM, встроенная SIM карта                                                                     |
| ETSI     | European Telecommunications Standards Institute, Европейский институт телекоммуникационных стандартов  |
| F5G      | Fixed 5 <sup>th</sup> Generation Network, фиксированная сеть пятого поколения                          |
| FFC      | Full-Fibre Connection, Сплошное оптоволоконное соединение                                              |
| FVCN     | Future Vertical Communications Networks and Protocols, Будущие вертикальные сети связи и протоколы     |
| GRE      | Guaranteed Reliable Experience, Гарантированный надежный опыт                                          |
| GSMA     | GSM Association, Ассоциация GSM                                                                        |
| ICT      | Information Communication Technologies, Информационно-Коммуникационные Технологии                      |
| IEEE     | Institute of Electrical and Electronics Engineers, Институт инженеров по электротехнике и электронике  |
| IMEI     | International Mobile Equipment Identity                                                                |
| IMS      | IP Multimedia Subsystem, подсистема мультимедийных услуг на базе IP                                    |
| IMT-2020 | International Mobile Telecommunications 2020, международный стандарт мобильной связи пятого поколения  |
| INGR     | International Network Generations Roadmap, Дорожная карта развития новых поколений международных сетей |
| IoT      | Internet of Things, интернет вещей                                                                     |
| IIoT     | Industrial Internet of Things, промышленный интернет вещей                                             |
| ITS      | Intelligent Transport System, интеллектуальная транспортная система                                    |
| LPWAN    | Low-power wide-area network, энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия                          |
| LTE      | Long Term Evolution, технология сетей четвертого поколения                                             |
| MIMO     | Multiple Input Multiple Output, метод пространственного кодирования сигнала                            |
| ML       | Machine Learning, машинное обучение                                                                    |

|         |                                                                                             |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| MR      | Mixed Reality, смешанная реальность                                                         |
| NFV     | Network Function Virtualization, виртуализация функций сети                                 |
| QKDN    | Quantum Key Distribution Network, Сеть Квантовое распределение ключей                       |
| RAN     | Radio Access Network, сеть радиодоступа                                                     |
| RCS     | Rich Communication Services, сервисы коммуникаций с расширенными возможностями              |
| SD-WAN  | Software-defined networking in a wide area network, Программно-определяемая глобальная сеть |
| SDN     | Software Defined Networking, Программно-определяемая сеть                                   |
| URLLC   | Ultra-reliable and Low Latency Communications, сверхнадёжную связь с низкой задержкой       |
| V2X     | Vehicle-to-everything, все виды коммуникаций между транспортными средствами                 |
| VCPE    | Virtual customer premises equipment, виртуальное абонентское оборудование                   |
| ViLTE   | Video over LTE, услуги передачи видео в сетях LTE                                           |
| VoLTE   | Voice over LTE, услуги передачи голоса в сетях LTE                                          |
| VxLTE   | Voice and Video over LTE, услуги передачи голоса и видео в сетях LTE                        |
| VxWiFi  | Voice and Video over WiFi, услуги передачи голоса и видео в сетях WiFi                      |
| XR      | eXtended Reality, расширенная реальность                                                    |
| БРЭ     | Бюро развития электросвязи                                                                  |
| ВКРЭ-21 | Всемирная конференция по развитию электросвязи 2021                                         |
| ИИ      | Искусственный интеллект                                                                     |
| ИК      | Исследовательская комиссия МСЭ                                                              |
| ИКТ     | Информационно-коммуникационные технологии                                                   |
| МСЭ     | Международный союз электросвязи                                                             |
| МСЭ-D   | Сектор развития электросвязи МСЭ                                                            |
| МСЭ-R   | Сектор радиосвязи МСЭ                                                                       |
| МСЭ-T   | Сектор стандартизации МСЭ                                                                   |
| НИОКР   | Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа                                    |
| РИ      | Региональная инициатива                                                                     |
| РПС     | Региональное подготовительное собрание                                                      |
| СНГ     | Содружество Независимых Государств                                                          |
| ШПД     | Широкополосный доступ                                                                       |

## 1. Цели и задачи исследования

Следующая Всемирная конференция по развитию электросвязи (ВКРЭ-21) состоится в Аддис-Абебе, Эфиопия, 8-19 ноября 2021 года. Одним из ключевых пунктов повестки дня ВКРЭ-21 является утверждение новых Региональных инициатив - пяти приоритетных областей, согласованных государствами-членами для каждого региона, которые будут направлять программную деятельность МСЭ-D в цикле работы 2022–2025 годов.

Для содействия подготовки к ВКРЭ-21 Региональное отделение МСЭ для региона СНГ проводит исследование потенциальных приоритетных областей, которые были наиболее интересны Государствам-Членам в последние годы. Это исследование станет важным вкладом в Региональное подготовительное собрание (РПС) для региона СНГ, которое запланировано на апрель 2021 года.

В настоящем документе представлены результаты исследования потенциальных приоритетных областей направления «ИКТ инфраструктура».

## 2. Методология исследования

Исследование было разбито на 5 этапов в соответствии со следующими исследовательскими вопросами соответственно:

1. *Каковы глобальные ключевые тенденции в области ИКТ, продвигаются МСЭ и различными отраслевыми организациями?*
2. *Какие приоритетные области инфраструктуры ИКТ следует развивать МСЭ в регионе?*
3. *Какие виды деятельности / проекты МСЭ будут наиболее эффективно способствовать развитию инфраструктуры ИКТ в регионе?*
4. *Каковы потенциальные партнерства, которые МСЭ-D следует рассмотреть для повышения эффективности развития региона?*
5. *Каковы риски запуска новых проектов по развитию ИКТ инфраструктуры в регионе?*

Для ответа на перечисленные выше исследовательские вопросы, автор использовал следующие методы исследования.

Для ответа на **первый вопрос** исследования: «*Каковы глобальные ключевые тенденции в области ИКТ, продвигаемые МСЭ и различными отраслевыми организациями?*» автор провел кабинетные исследования открытых источников, включая ресурсы МСЭ, ETSI, IEEE, GSMA и другие.

Результатом исследования по первому вопросу стал перечень основных тенденций развития технологий и инфраструктуры ИКТ на период до 2025 года – кандидаты в региональные программы на период 2022-2025.

Для ответа на **второй вопрос** исследования: «*Какие приоритетные области инфраструктуры ИКТ следует развивать МСЭ в регионе?*» автор провел опрос представителей отраслевых организаций региона (10-20 человек). В качестве респондентов были привлечены эксперты из различных организаций, включая

представителей Администраций, операторов фиксированной и мобильной связи, университетов, ассоциаций, а также поставщиков решений из Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, России и Узбекистана. Это позволило получить максимально точное представление о текущих стратегических целях организаций региона.

Результатом исследования по второму вопросу стали предложения по приоритетным направлениям развития инфраструктуры ИКТ в регионе.

Для ответа на **третий вопрос** исследования: «Какие виды деятельности / проекты МСЭ будут наиболее эффективно способствовать развитию инфраструктуры ИКТ в регионе?» автор провел анализ текущих активностей отраслевых организаций и видов мероприятий. В результате анализа был составлен список потенциальных мероприятий для последующей оценки экспертной группой из предыдущего этапа исследования. При помощи выборки и экспертной оценки было произведено ранжирование списка мероприятий по степени востребованности.

Результатом исследования по третьему вопросу стали рекомендации по деятельности МСЭ-D в части развития инфраструктуры ИКТ для региона.

Для ответа на **четвертый вопрос** исследования: «Каковы потенциальные партнерства, которые МСЭ-D следует рассмотреть для повышения эффективности развития региона?» автор собрал предложения от группы экспертов компаний региона, заинтересованных либо вовлеченных в развитие технологий ИКТ. Результатом исследования по четвертому вопросу стали рекомендации по партнерству и сотрудничеству с другими организациями по приоритетным направлениям деятельности МСЭ-D в регионе.

Для ответа на **пятый вопрос** исследования: «Каковы риски запуска новых проектов по развитию ИКТ инфраструктуры в регионе?» автор использовал метод Кроуфорда. В результате чего, был получен перечень наиболее вероятных рисков, связанных с запуском новых проектов по развитию ИКТ инфраструктуры. Также автор разработал ряд мер, реализация которых позволит избежать или минимизировать возможные риски.

Результатом исследования по пятому вопросу стали риски и пути их минимизации. Исследования проводились поэтапно, согласно указанному выше плану. Для более наглядного представления этапов исследования и ожидаемых частных результатов по каждому из исследовательских вопросов, ниже приводится *Таблица 1*.

Таблица 1 - Методология исследования

| Этап | Исследовательский вопрос                                                          | Источник                   | Метод исследования                       | Ожидаемый результат                                                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Каковы глобальные ключевые тенденции в области ИКТ, продвигаемые МСЭ и различными | Анализ открытых источников | Анализ разрывов. Кабинетные исследования | Перечень основных тенденций развития технологий и инфраструктуры ИКТ на период до 2025 года – кандидаты в |

| Этап | Исследовательский вопрос                                                                                              | Источник                                            | Метод исследования | Ожидаемый результат                                                                                                            |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | отраслевыми организациями?                                                                                            |                                                     |                    | региональные программы на период 2022-2025                                                                                     |
| 2    | Какие приоритетные области инфраструктуры ИКТ следует развивать МСЭ в регионе?                                        | Экспертная группа. Обработка ранее собранных данных | Экспертная оценка  | Предложение по приоритетным направлениям развития инфраструктуры ИКТ в регионе                                                 |
| 3    | Какие виды деятельности / проекты МСЭ будут наиболее эффективно способствовать развитию инфраструктуры ИКТ в регионе? | Анализ открытых источников. Экспертная группа       | Экспертная оценка  | Рекомендации по деятельности МСЭ-D в части развития инфраструктуры ИКТ для региона                                             |
| 4    | Каковы потенциальные партнерства, которые МСЭ-D следует рассмотреть для повышения эффективности развития региона?     | Анализ открытых источников. Экспертная группа       | Экспертная оценка  | Рекомендации по партнерству и сотрудничеству с другими организациями по приоритетным направлениям деятельности МСЭ-D в регионе |
| 5    | Каковы риски запуска новых проектов по развитию ИКТ-инфраструктуры в регионе?                                         | Глубинные интервью с экспертами                     | Карточки Кроуфорда | Список рисков для предлагаемых региональных мероприятий с предложениями по смягчению последствий                               |

### 3. Ключевые тенденции развития ИКТ инфраструктуры

В рамках первого этапа исследования автор проанализировал текущие направления развития ИКТ инфраструктуры в регионе на основе открытых источников и изучил прогнозы лидирующих отраслевых организаций по прорывным технологиям на период до 2025 года. Результаты анализа приложены в последующих разделах.

#### 3.1 МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАЗВИТИЮ ИКТ 2018-2020 (МСЭ СНГ)

В соответствии с перечнем мероприятий МСЭ в регионе СНГ в период 2018-2020 можно сделать вывод, что наиболее востребованными тематиками были 4G/5G и IoT (Интернет вещей) по 29% активностей каждая. Важно отметить, что, судя по списку мероприятий, в регионе СНГ три сектора МСЭ проводят политику совместных мероприятий и помогают друг другу в развитии компетенций специалистов региона. На *Рисунок 1* представлено общее распределение мероприятий МСЭ по тематикам ИКТ в долевым соотношении.

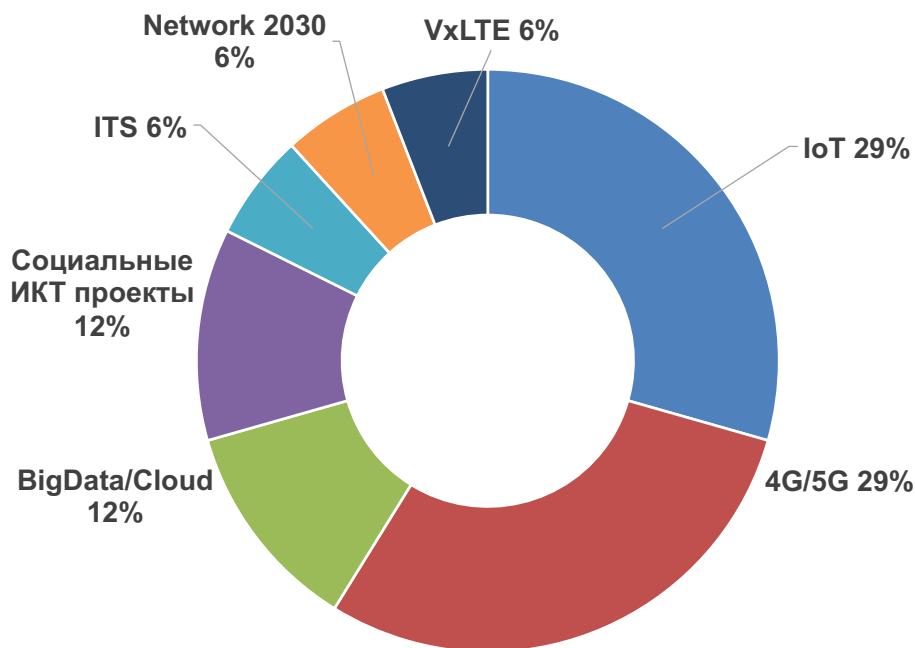


Рисунок 1 - Мероприятия МСЭ в регионе СНГ в 2018-2020

Мероприятия по **IoT** включали следующие:

- Региональный форум «Интернет вещей, сети связи и большие данные как инфраструктурная основа Цифровой экономики»
- Региональная группа 20-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т для Восточной Европы, Центральной Азии и Закавказья (IoT)
- Собрание Региональной группы 20-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т для Восточной Европы, Центральной Азии и Закавказья (IoT)
- Форум МСЭ «Интернет вещей: приложения и услуги будущего».
- Мероприятия по **4G/5G** представлены ниже:
- Региональный семинар для стран Европы и СНГ «Цифровое будущее на основе 4G/5G»
- Региональный семинар для стран Европы и СНГ «Внедрение 5G в Европе и СНГ: стратегии и политики, стимулирующие новые возможности роста» и Встреча экспертов 1-й и 2-й Исследовательских комиссий МСЭ-D
- Региональный семинар «Развитие ШПД с применением технологий 4G и 5G».

Примеры мероприятий по другим тематикам:

- **VxLTE**: Региональный семинар МСЭ по развертыванию сетей VoLTE/ViLTE на базе IMS. От стандартизации до внедрения
- **Network2030**: Форум МСЭ «Перспектива 2030»/4-ый Семинар МСЭ по сетям 2030
- **ITS**: Семинар «Интеллектуальные транспортные системы»
- **Социальные проекты**: Семинар для стран Европы и СНГ «Использование ИКТ для спасения жизней»
- **BigData/Cloud**: Региональный семинар для стран СНГ и Азиатско-Тихоокеанского регионов по большим данным и облачным вычислениям.

### 3.2 ВЗГЛЯД МСЭ НА ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИКТ

В секторе стандартизации МСЭ за развитие прорывных технологий ИКТ инфраструктуры отвечает [Исследовательская Комиссия 13 \(ИК 13\) «Сети будущего»](#) и на текущий период ИК занималась разработкой следующих тематик:

- Развитие NGN с использованием инновационных технологий, включая SDN и NFV
- Сеть, управляемая большими данными (bDDN) и глубокая проверка пакетов (DPI)
- Сквозное управление облачными вычислениями, безопасность облака и управление большими данными
- Программирование сети, включая программно-определяемые сети, сетевые слайсы и оркестрацию
- Сетевые технологии для IMT-2020 (5G) и сетей будущего.

В целях изучения прорывных технологий следующего периода в ИК13 была создана [Целевая Группа МСЭ-Т «Network 2030»](#), в которой были определены следующие направления исследования:

- ИИ для автономного и вспомогательного вождения
- Квантовые информационные технологии для сетей
- Экологическая эффективность для искусственного интеллекта и других новых технологий
- ИИ для здравоохранения
- Автомобильные мультимедиа
- Машинное обучение для сетей будущего, включая 5G.

В секторе развития электросвязи МСЭ ИК1 и ИК2 также приступили к изучению вопросов развития ИКТ инфраструктуры на следующий исследовательский цикл, обозначив следующие проекты вопросов:

- ИКТ для сельской местности
- Доступ к услугам ИКТ для лиц с ограниченными возможностями и других лиц с особыми потребностями
- ИКТ для электронного здравоохранения
- Помощь развивающимся странам в реализации программ обеспечения соответствия и функциональной совместимости (C&I) и в борьбе с контрафактным оборудованием ИКТ и воровством мобильных устройств.
- ИКТ для реагирования на бедствия.

### 3.3 ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В ноябре 2020 года GSMA выпустила отчет о состоянии мобильной экономики в России и СНГ. По данным GSMA в СНГ на 2019 год было зарегистрировано 237 миллионов уникальных абонентов мобильной связи и 398 миллионов подключенных объектов IoT (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Мобильная экономика России и СНГ 2020

Согласно данным из отчета (Рисунок 3) на 2019 год только в России проникновение 4G сравнялось с 3G, в остальных странах пока доминирует 3G технологии. GSMA аналитики прогнозируют проникновение 5G в России на уровне 20%.

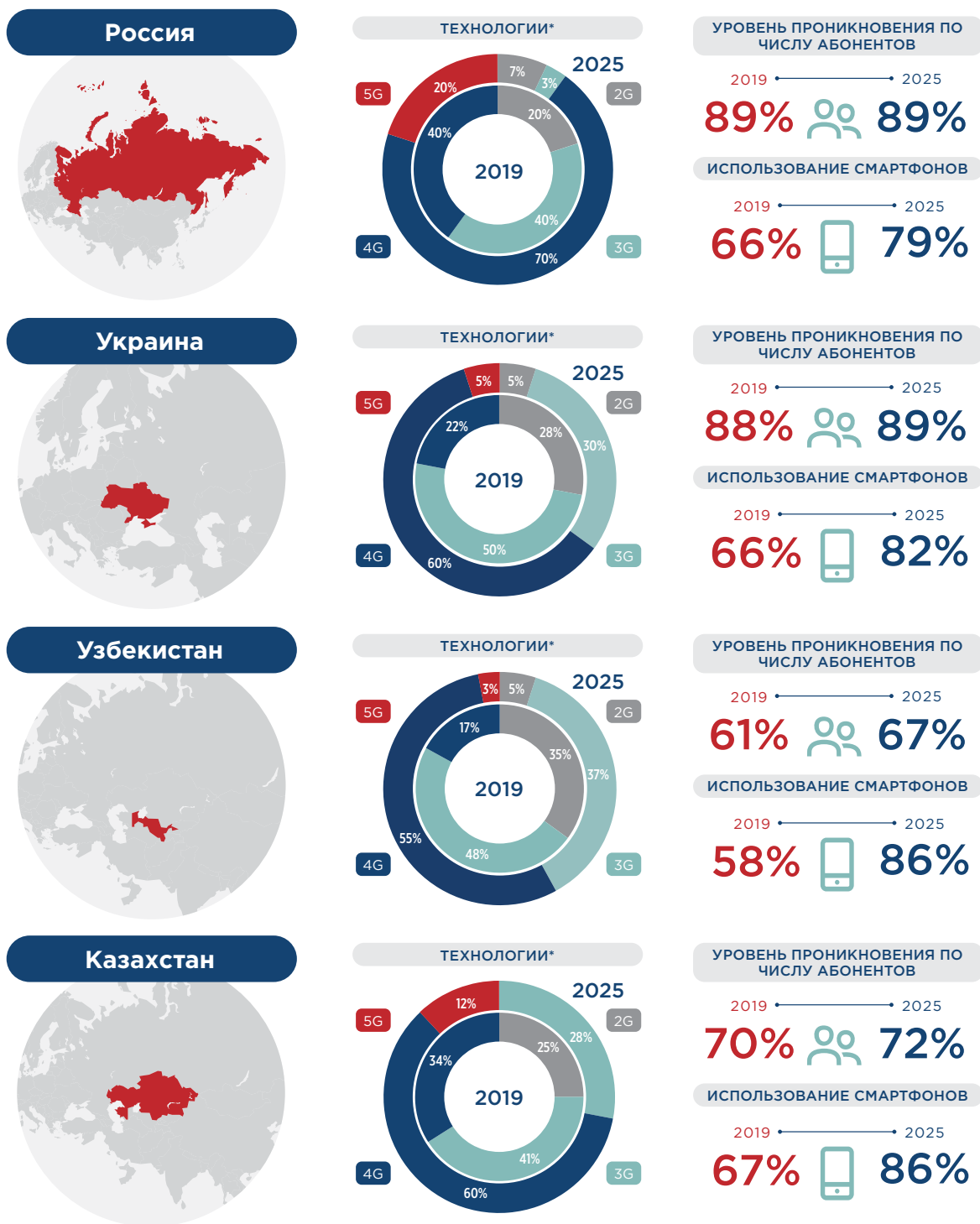


Рисунок 3 - Мобильные технологии на ключевых рынках региона

Также в этом году [GSMA выпустила прогноз](#) по наиболее приоритетным технологиям развития мобильной отрасли по регионам (Рисунок 4). Ключевыми направлениями развития считаются автоматизация сети радиодоступа (RAN), Edge Computing и виртуализация элементов сети.

| Top ranked priorities for 5G investment |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | RAN                                                                                                                                                             | Core                                                                                                                                                                                                      |
| Asia Pacific                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In-building 5G coverage</li> <li>2. RAN automation and planning tools</li> <li>3. New spectrum allocations</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transport network upgrades</li> <li>2. Network security upgrades</li> <li>3. Virtualisation investments</li> </ol>                                              |
| Americas                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In-building 5G coverage</li> <li>2. Network densification</li> <li>3. mmWave deployment</li> </ol>                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Service core (IMS etc.) upgrades</li> <li>2. NG core (service-based architecture) upgrades</li> <li>3. Transport network upgrades<br/>Edge computing</li> </ol> |
| Europe                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. RAN automation and planning tools</li> <li>2. Virtual RAN/OpenRAN</li> <li>3. New spectrum allocations</li> </ol>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Virtualisation investments</li> <li>2. Service core (IMS etc.) upgrades</li> <li>3. Network security upgrades</li> </ol>                                        |
| MEA                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Virtual RAN/OpenRAN</li> <li>2. New spectrum allocations</li> <li>3. In-building 5G coverage</li> </ol>               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Network security upgrades</li> <li>2. Virtualisation investments</li> <li>3. Transport network upgrades</li> </ol>                                              |

Рисунок 4 - Приоритетные направления для мобильной отрасли

### 3.4 ВЗГЛЯД ETSI НА РАЗВИТИЕ ФИКСИРОВАННЫХ СЕТЕЙ

Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI) в большей степени поддерживает развитие фиксированных операторов и, в свою очередь, выпустил [отчет о будущих фиксированных сетях пятого поколения](#) (Fixed 5G Networks).

По мнению ETSI фиксированные сети будут развиваться в направлении полного оптоволоконного покрытия и в рамках трех ключевых направлений:

- enhanced Fixed Broadband (eFBB)/ улучшенная фиксированная широкополосная связь
- Full-Fibre Connection (FFC)/Сплошное оптоволоконное соединение
- Guaranteed Reliable Experience (GRE)/ Гарантированный надежный опыт.

Схематически направления развития представлены на *Рисунок 5*.

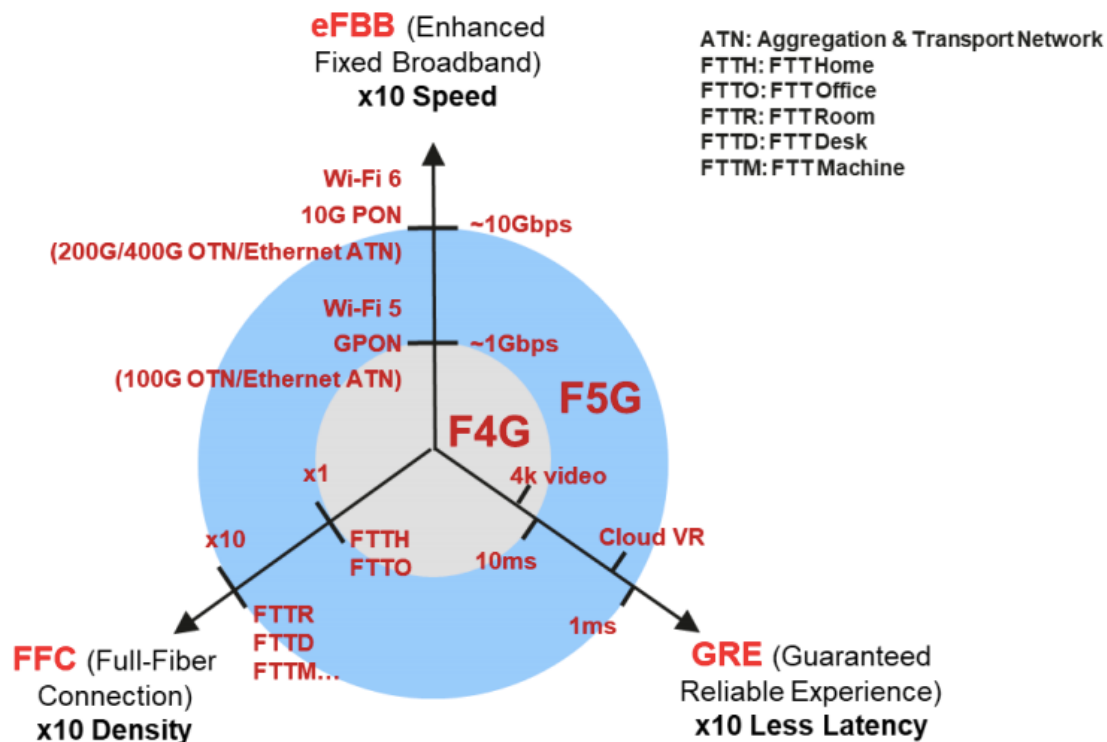


Рисунок 5 – Направления развития фиксированной сети пятого поколения (ETSI F5G)

### 3.5 ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО СООБЩЕСТВА

В инженерном сообществе IEEE была создана отдельная команда по разработке дорожной карты развития новых поколений международных сетей (International Network Generations Roadmap, INGR). В плане работе предусмотрено создание нескольких тематических отчетов. [Команда IEEE INGR](#) разбита на рабочие группы и охватывает следующие 15 направлений на горизонты 3, 5 и 10 лет:

1. Приложения и Сервисы
2. Развёртывание сетей
3. **Платформа автоматизации Edge (EAP)**
4. **Энергетическая эффективность**
5. Оборудование сетей
6. Massive MIMO
7. Миллиметровые волны (mmWave) и обработка сигналов
8. **Оптические технологии**
9. Спутниковые технологии
10. **Безопасность**
11. Стандартизация
12. Оптимизация системы
13. Тестовая среда
14. Подключение неподключенного
15. **ИИ/машинное обучение (AI/ML)**

## 4. Результаты экспертной оценки

На втором, третьем, четвертом и пятом этапах исследования автор проводил экспертную оценку.

- **Цель:** собрать экспертную оценку предлагаемых мероприятий от ключевых заинтересованных сторон.
- **Задача:** группа экспертов предоставит заключение по 4 вопросам, связанным с текущими тенденциями в области инфраструктуры ИКТ и предлагаемыми мероприятиями МСЭ-D, в форме анкеты или онлайн-интервью.
- **Участники:** представители Администраций, операторов фиксированной и мобильной связи, университетов, а также поставщиков из Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, России и Узбекистана.
- **Ресурсы:** один человек от каждой организации, предпочтительно представляющий стратегический или технический отдел, занимающийся инфраструктурой ИКТ.
- **Ожидаемый результат:** приоритизированный список направлений и метод развития инфраструктуры ИКТ в регионе, включенный в отчет по исследованию МСЭ-D. Все результаты будут представлены анонимно, обобщая общие тенденции.

Вопросы к экспертам:

1. Какие приоритетные направления в части инфраструктуры ИКТ должен развивать МСЭ в регионе в следующем цикле (2022-2025)?
2. Какие виды деятельности / проекты МСЭ будут наиболее эффективно способствовать развитию инфраструктуры ИКТ в регионе?
3. Каковы потенциальные партнеры для указанных видов деятельности МСЭ в вашей стране/регионе?
4. Каковы риски запуска новых проектов по развитию ИКТ-инфраструктуры в регионе?

Результаты экспертной оценки:

- В оценке приняли участие 18 экспертов из 7 стран: представители Администраций связи, научных организаций и университетов, операторы подвижной и фиксированной связи и международных телекоммуникационных ассоциаций.
- Предварительный список включал 29 тематик развития ИКТ инфраструктуры и в ходе оценки были добавлены еще 11 тем для рассмотрения (общее 40).
- Сформировано более 20 предложений по партнерству с региональными и международными организациями.

- Предложено и проранжировано 13 видов мероприятий.

Результаты исследования по каждому вопросу/этапу исследования представлены в последующих подразделах соответственно.

#### 4.1 ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИКТ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕГИОНЕ СНГ

На основе данных, полученных в ходе исследования по первому этапу и представленных в разделе 3 настоящего документа, был составлен список предварительных предложений по приоритетным направлениям развития ИКТ. Эксперты проранжировали каждую тематику по 5-бальной шкале. В *Таблица 2* представлены результаты экспертной оценки, где высший ранг выставлен наиболее востребованной технологии.

Таблица 2 - Перечень приоритетных направлений развития ИКТ

| Наименование                                                                           | Ранг |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| IoT security                                                                           | 4,50 |
| New coherent optical technologies (e.g. 800 Gbps)                                      | 4,33 |
| Big Data & BI                                                                          | 4,28 |
| All-Optical Network                                                                    | 4,28 |
| Network 2030                                                                           | 4,22 |
| AI/ML                                                                                  | 4,17 |
| Edge/Cloud Computing                                                                   | 4,11 |
| Industry 4.0 (IIoT)                                                                    | 4,06 |
| Network automation and autonomous networks                                             | 4,06 |
| 5G RAN (New Radio)                                                                     | 4,00 |
| Core network virtualization                                                            | 4,00 |
| 5G Network Slicing                                                                     | 3,94 |
| OpenRAN/VirtualRAN                                                                     | 3,94 |
| eSIM                                                                                   | 3,89 |
| Network efficiency (e.g. energy-efficiency)                                            | 3,89 |
| 5G Private networks                                                                    | 3,83 |
| 4G/5G interconnect and roaming                                                         | 3,78 |
| XR (AR/VR/MR/SR, panoramic video)                                                      | 3,72 |
| V2X and Intelligent Transport Systems                                                  | 3,67 |
| SD-WAN VCPE                                                                            | 3,67 |
| Hyperscale Data Centers                                                                | 3,56 |
| Distributed Ledger Technology (e.g. blockchain)                                        | 3,50 |
| Quantum Information Technologies for networks (QKDN, Quantum Key Distribution Network) | 3,50 |
| RCS                                                                                    | 3,44 |
| Counterfeit/Stolen Mobile Device Database                                              | 3,44 |
| Green ICT network                                                                      | 3,44 |

| Наименование       | Ранг |
|--------------------|------|
| Drones             | 3,39 |
| LPWAN technologies | 3,39 |
| 6G                 | 3,00 |

Дополнительные направления, предложенные экспертами в ходе оценки для рассмотрения:

- Device-to-Device Networks and Communications
- Identity Management as Identifiers' properties and identification processes management
- Holographic copies and avatars (Network 2030)
- Ultra-reliable and Low Latency Communications
- Traffic Offloading
- Multi-controller networks
- Decentralized Networks
- New Testing and Monitoring Models and Methods
- Spectrum Sharing
- Co-deployment of ICT infrastructure with other infrastructure networks
- Digital Objects Identification (e.g. DOA, IMEI)

Комментарии экспертов к направлениям:

- «Учитывая, что технология 5G еще (практически) не осваивается в нашем регионе, самый низкий приоритет был присвоен 6G».
- «Имеет смысл обратить внимание на перспективные технологии не завтрашнего, а послезавтрашнего дня, например, сети 2030 или машинное обучение. Если сейчас обратить на них внимание, то есть шанс хотя бы быть равными с другими. А машинное обучение не требует особых вложений в инфраструктуру или лаборатории, но требует работы ума, знания математики и т.д., а с этим у нас все в порядке».
- «Также технологии, использующие оптический диапазон, безусловно, перспективны и будут иметь быстрое внедрение в ближайшем будущем, но там мы имеем большое отставание и будем выступать, в основном потребителями».
- «Важным моментом (компонентом) является поддержание чистой окружающей среды при эффективном развитии технологий - Green ICT».

На основе обратной связи от экспертов тематики были сгруппированы в блоки и расположены по степени значимости. Предлагаемые блоки приоритетных направлений представлены на *Рисунок 6*.

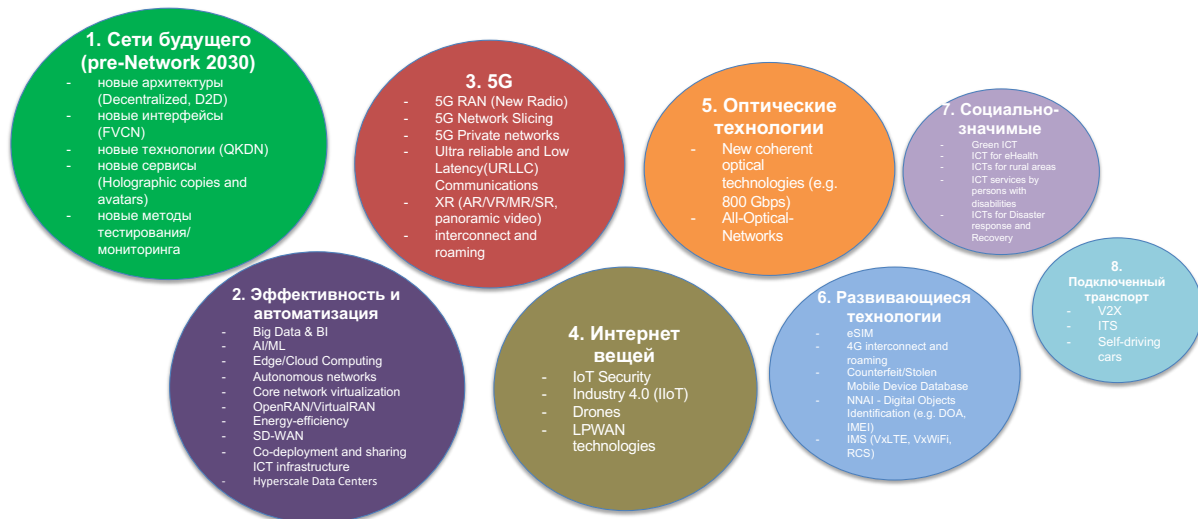


Рисунок 6 - Предлагаемые блоки приоритетных направлений

## 1. Сети будущего (pre-Network 2030)

- новые архитектуры (Decentralized, D2D)
- новые интерфейсы (FVCN)
- новые технологии (QKDN)
- новые сервисы (Holographic copies and avatars)
- новые методы тестирования/ мониторинга

## 2. Эффективность и автоматизация

- Big Data & BI
- AI/ML
- Edge/Cloud Computing
- Autonomous networks
- Core network virtualization
- OpenRAN/VirtualRAN
- Energy-efficiency
- SD-WAN
- Co-deployment and sharing ICT infrastructure
- Hyperscale Data Centers

## 3. 5G

- 5G RAN (New Radio)
- 5G Network Slicing
- 5G Private networks
- Ultra-reliable and Low Latency Communications (URLLC)
- XR (AR/VR/MR, panoramic video)
- interconnect and roaming

#### **4. Интернет вещей**

- IoT Security
- Industry 4.0 (IIoT)
- Drones
- LPWAN technologies

#### **5. Оптические технологии**

- New coherent optical technologies (e.g. 800 Gbps)
- All-Optical-Networks

#### **6. Развивающиеся технологии**

- eSIM
- 4G interconnect and roaming
- Counterfeit/Stolen Mobile Device Database
- NNAI - Digital Objects Identification (e.g. DOA, IMEI)
- IMS (VxLTE, VxWiFi, RCS)

#### **7. Социально-значимые**

- Green ICT
- ICT for eHealth
- ICTs for rural areas
- ICT services by persons with disabilities
- ICTs for Disaster response and Recovery

#### **8. Подключенный транспорт**

- V2X
- ITS
- Self-driving cars

### **4.2 Наиболее востребованные методы развития ИКТ инфраструктуры**

В ходе глубинных интервью и мозгового штурма с частью экспертов был составлен список из 13 наиболее эффективных методов развития ИКТ в регионе. Далее список был передан остальной группе экспертов для оценки востребованности по 5-бальной шкале. Результаты приоритизации мероприятий по развитию ИКТ в регионе представлены в *Таблица 3*. Наиболее актуальным методом эксперты признали создание экспертных групп, замыкающими список лидеров стали виртуальные лаборатории.

Таблица 3 - Наиболее востребованные активности МСЭ в регионе

| №  | Наименование                                                                            | Поддержка |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1  | Экспертная группа для решения проблем внедрения новых технологий в регионе              | 4,56      |
| 2  | Тематические исследования и отчеты                                                      | 4,50      |
| 3  | Со-финансирование тематических проектов (например, стартапов или университетских НИОКР) | 4,28      |
| 4  | Форумы, семинары и семинары-практикумы                                                  | 4,22      |
| 5  | Онлайн и оффлайн площадки для делового общения экспертов (networking)                   | 4,22      |
| 6  | Обучающие курсы/тренинги                                                                | 4,17      |
| 7  | Виртуальные лаборатории                                                                 | 4,00      |
| 8  | Тематические премии и номинации                                                         | 3,94      |
| 9  | Рабочие визиты (туры) для обмена опытом                                                 | 3,89      |
| 10 | Онлайн базы данных и регистры статистики, индикаторы                                    | 3,89      |
| 11 | Хакатоны                                                                                | 3,67      |
| 12 | Экспертная служба поддержки (helpdesk)                                                  | 3,56      |
| 13 | Тематические новостные рассылки                                                         | 3,17      |

#### 4.3 Потенциальные партнерства и возможности финансирования проектов

В ходе опроса эксперты предложили список компаний из региона, которые могли бы быть заинтересованы в развитии ИКТ совместно с БРЭ МСЭ. Сводный список потенциальных партнеров представлен в *Таблица 4*.

Таблица 4 - Потенциальные партнеры в регионе

| Наименование организации                           | Тема для партнерства                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ARPINET LLC (Армения)                              | Edge/Cloud Computing                                                                                                                                        |
| Институт электроники телекоммуникаций (Кыргызстан) | Платформа для получения доступа к информации по внедрению современных технических решений, действующим нормативно-правовым актам в области электросвязи/ИКТ |
| ОАО «Кыргызтелеком» (Кыргызстан)                   | Обмен опытом, семинары, со-финансирование партнерских проектов, участие в экспертной группе поддержки                                                       |

| Наименование организации                                                              | Тема для партнерства                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Общественный фонд «Гражданская инициатива интернет-политики» (ОФ «ГИИП») (Кыргызстан) | Хакатоны, обучающие курсы в области юридической поддержки внедрения новых технологий                                                                                            |
| Институт электроники и телекоммуникаций (Кыргызстан)                                  | Обучающие курсы, виртуальные лаборатории, исследования, семинары                                                                                                                |
| ПАО «Сбербанк» (Россия)                                                               | Искусственный интеллект (AI)                                                                                                                                                    |
| ОАО «РЖД» (Россия)                                                                    | Квантовые коммуникации (Quantum Communications)                                                                                                                                 |
| Госкорпорацией по атомной энергии «Росатом» (Россия)                                  | Квантовые вычисления, Технологии создания новых материалов и веществ                                                                                                            |
| Госкорпорация «Ростех» (Россия)                                                       | Квантовые сенсоры, Технологии распределённого реестра, Новые поколения узкополосной беспроводной связи для интернета вещей и связи ближнего и среднего радиусов действия        |
| Госкорпорация «Ростех» и ПАО «Ростелеком» (Россия)                                    | Беспроводная связь нового поколения                                                                                                                                             |
| Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова (Украина)                      | Организация совместных форумов, а также тематических тренингов, партнёрство при проведении тематических исследований и при оказании экспертной поддержки в различных сферах ИКТ |
| Ассоциация ТЕЛАС (Украина)                                                            | Новейшие технологии мобильной связи, новые возможности для развития сервисов в сетях мобильных операторов.                                                                      |
| Государственный университет телекоммуникаций (Украина)                                | Общие вопросы развития технологий электронных коммуникаций, технологии IoT, Технологии 5G                                                                                       |
| GSMA                                                                                  | По всем актуальным направлениям ИКТ                                                                                                                                             |
| Производители оборудования (Huawei, Ericsson, Cisco, ZTE и др)                        | По всем актуальным направлениям ИКТ                                                                                                                                             |

#### 4.4 Потенциальные риски развития ИКТ в регионе и меры по их снижению

Заключительным этапом исследования является получение ответов на исследовательский вопрос: «*Какие риски могут возникнуть?*». Для ответа на этот вопрос автор использовал метод анкетирования Кроуфорда. Группе, состоящей из 4 человек, представляющих различные организации, напрямую или косвенно связанные с развитием ИКТ в регионе, было предложено высказать свои идеи на тему: «*Каковы риски запуска новых проектов по развитию ИКТ-инфраструктуры в регионе?*». По завершению четырех итераций было выделено и распределено по степени важности 9 рисков. Результаты для удобства восприятия изображены на *Рисунок 7*.



Рисунок 7 - Оценка рисков развития предлагаемых направлений развития ИКТ в регионе

Обобщая экспертные рекомендации и принимая во внимание полученную матрицу рисков, можно сделать вывод, что для успешного развития новых направлений ИКТ в регионе необходимо уделить особое внимание политике ее внедрения и предусмотреть пути минимизации или устранения возможных рисков. В *Таблица 5* автор указал меры по минимизации рисков.

Таблица 5 - Меры по снижению рисков

| Наименование риска                                                                    | Ранг риска | Меры по снижению рисков                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Макроэкономический (существенное снижение благосостояния и уровня жизни потребителей) | 3,2        | Включение в стратегию <b>направлений развития ИКТ социального характера, с фокусом на доступность услуг</b>                                             |
| Операционные риски (персонал, управление, решения и т.д.)                             | 2,4        | 1. Привлечение партнеров<br>2. <b>Создание пула экспертов и исполнителей по направлениям</b><br>3. Резервирование бюджета на операционные риски         |
| Административный (риск, связанный с возможным введением новой нормативной базы)       | 2,1        | 1. Мониторинг нормативных изменений<br>2. <b>Активное вовлечение регулятора</b> в процесс развития региона, включая конференции и обучающие мероприятия |
| Технологический (незрелость выбранной технологии)                                     | 2,1        | 1. Организация технологического мониторинга                                                                                                             |

| Наименование риска                                                                              | Ранг риска | Меры по снижению рисков                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                 |            | <p>2. Следование блокам направлений (тенденциям), а не конкретным технологиям</p> <p>3. Пересмотр программы работы раз в 6 месяцев</p>                                                                                                            |
| Финансовый (дефицит бюджета проектов и валютный)                                                | 2,0        | <p>1. Резервирование бюджета на внедрение изменений в валюте</p> <p>2. Привлечение спонсоров и партнеров на со-финансирование проектов</p>                                                                                                        |
| Информационная безопасность (уязвимость технологий)                                             | 1,9        | Включение в программу практических семинаров и других типов мероприятий по вопросам безопасности ИКТ                                                                                                                                              |
| Стратегический (риск ошибки при выборе технологии для развития, не востребованность результата) | 1,7        | <p>1. Создание активного канала обратной связи (опрос на мероприятиях, консультационные сессии с заинтересованными сторонами, email для комментариев, форма онлайн)</p> <p>2. Пересмотр стратегии раз в 6 месяцев</p>                             |
| Риск конфликта стран в регионе (политический)                                                   | 1,5        | <p>1. Открытые условия участия в рабочих группах и мероприятиях, вовлечение большего количества заинтересованных сторон</p> <p>2. Провести предварительные индивидуальные консультации с представителем каждой заинтересованной Администрации</p> |
| Риски новых моделей бизнеса (либерализация рынка и т.д.)                                        | 1,1        | <p>1. Организация бизнес мониторинга отрасли</p> <p>2. Пересмотр программы работы раз в 6 месяцев</p>                                                                                                                                             |

В результате был получен перечень наиболее вероятных рисков, связанных с запуском новых проектов по развитию ИКТ инфраструктуры в регионе. Также автор разработал ряд мер, реализация которых позволит избежать или минимизировать возможные риски.

## 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенное исследование показало, что развитие инфраструктуры ИКТ является приоритетным для региона СНГ по следующим 8 направлениям (блокам):

1. Сети будущего (Network 2030)
2. Эффективность и автоматизация
3. 5G
4. Интернет вещей

5. Оптические технологии
6. Развивающиеся технологии
7. Социально-значимые ИКТ проекты
8. Подключенный транспорт

Опираясь на проведенные исследования и полученные результаты, в целях успешной подготовки региона СНГ к ВКРЭ-21 по приоритетным направлениям развития ИКТ инфраструктуры, рекомендуется:

- Рассмотреть и включить предложенные направления ИКТ инфраструктуры в план работы МСЭ, включая региональные инициативы и оперативный план МСЭ для планомерного развития ИКТ в регионе в период 2022-2025 годов.
- Рассмотреть и запланировать применение наиболее востребованных методов развития новых технологий (экспертные группы, тематические исследования и виртуальные лаборатории).
- Рассмотреть партнерство с предложенными компаниями по направлениям.
- Запланировать меры по снижению наиболее актуальных рисков развития приоритетных технологий.

В качестве потенциальных проектов в рамках направления «Инфраструктура ИКТ» на период 2022-2025 годов рекомендуются следующие:

- Проект 1. Содействие инновациям и партнерству в сфере внедрения автоматизированных Сетей Будущего и безопасного интернета вещей в интересах устойчивого развития.
- Проект 2. Развитие и мониторинг систем контроля влияния современной инфраструктуры ИКТ на экологию региона.
- Проект 3. Содействие инновациям и партнерству в сфере внедрения технологий 5G в регионе, в интересах устойчивого развития.
- Проект 4. Создание единой системы контроля перемещения краденных и контрафактных устройств в регионе.
- Проект 5. Формирование компетенций специалистов региона по вопросам внедрения развивающихся технологий ИКТ: eSIM, ViLTE/ViLTE, 4G/5G интерконнект.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Региональные мероприятия МСЭ СНГ в 2018 году <https://www.itu.int/ru/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Pages/Activities2018.aspx>
- 2 Региональные мероприятия МСЭ СНГ в 2019 году <https://www.itu.int/ru/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Pages/Events2019.aspx>
- 3 Реализация региональных инициатив ВКРЭ-17 (2018-2021 годы) <https://www.itu.int/ru/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Pages/WTDC17RIs.aspx>
- 4 ИК13 - Список вопросов и докладчиков (период исследования 2017-2020 гг.) <https://www.itu.int/net4/ITU-T/lists/loqr.aspx?Group=13&Period=16>
- 5 Целевая группа МСЭ ИК13 по технологиям для сети 2030 <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx#>
- 6 Отчет о предварительных взглядах на будущее Вопросов ИК1 МСЭ-D <https://www.itu.int/md/D18-SG01.RGQ-C-0313/en>
- 7 Предварительные взгляды на будущее Вопросов ИК2 МСЭ-D <https://www.itu.int/md/D18-SG02.RGQ-C-0280/en>
- 8 Отчет GSMA «Мобильная экономика России и СНГ 2020» <https://www.gsma.com/mobileeconomy/russia-cis/>
- 9 Глобальный отчет GSMA «Мобильная экономика 2020» <https://www.gsma.com/mobileeconomy/>
- 10 Отчет ETSI «Фиксированная сеть пятого поколения (F5G): Повсеместное распространение волокна» [https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi\\_wp\\_41\\_FSG\\_ed1.pdf](https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp_41_FSG_ed1.pdf)
- 11 Сводное резюме IEEE «Дорожная карта развития новых поколений международных сетей» <https://futurenetworks.ieee.org/roadmap>

