

# Подготовка к внедрению 5G: возможности и проблемы





# Подготовка к внедрению 5G: возможности и проблемы

### **Выражение признательности**

Настоящий отчет был подготовлен под общим руководством г-на Кемаля Хусейновича, руководителя Департамента инфраструктуры, благоприятной среды и электронных приложений БРЭ МСЭ, при участии г-на Икбала Беди, Intelligens Consulting, под управлением г-жи Софи Мэдденс, руководителя Отдела регуляторной и рыночной среды БРЭ МСЭ, в сотрудничестве с Отделом развития технологий и сетей электросвязи БРЭ МСЭ.

Значительный вклад в работу над отчетом также внесли Бюро стандартизации электросвязи (БСЭ) МСЭ и Бюро радиосвязи (БР) МСЭ. В команду Бюро развития электросвязи (БРЭ) МСЭ входили Иштван Божоки, Дезире Карьябвите и Нэнси Сандберг. В команду БР входили Марио Маневич, Филипп Обино, Серхио Буономо, Хоакин Рестрепо, Диана Томимура и Николай Васильев. В команду БСЭ входили Билель Джамусси, Мартин Адольф, Денис Андреев, Кристина Буети, Татьяна Куракова и Хирози Ота.

Изложенные в данном отчете взгляды принадлежат автору и не обязательно отражают точку зрения МСЭ или его членов.

ISBN

978-92-61-27584-6 (версия на бумажном носителе)

978-92-61-27594-5 (электронная версия)

978-92-61-27604-1 (версия в формате EPUB)

978-92-61-27614-0 (версия Mobi)



**Просьба подумать об окружающей среде, прежде чем печатать этот отчет**

© ITU 2018

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

Я с удовольствием представляю настоящий отчет на тему "Подготовка к внедрению 5G: возможности и проблемы", подготовленный в сотрудничестве с Бюро стандартизации электросвязи МСЭ и Бюро радиосвязи МСЭ. В этом отчете, предназначенном для директивных органов в области ИКТ, национальных регуляторных органов (НРО) и операторов, описывается общая ситуация в условиях приближения срока внедрения технологий 5G. Эти технологии обладают преобразующим потенциалом для граждан, предприятий, правительств и экономики страны. Ключевая роль принадлежит инвестициям, однако существует целый ряд факторов, которые необходимо принять во внимание, прежде чем инвестировать средства в эту технологию.

Этот отчет помогает разобраться в вопросах, связанных с 5G, и предлагает взвешенный, практический подход для директивных органов, которым в ближайшие месяцы и годы предстоит принять важные инвестиционные решения. Рассматриваемые в нем 16 основных вопросов имеют весьма важное значение и представляют собой отличную отправную точку для понимания сути возможностей и проблем, связанных с 5G.

Кроме того, этот отчет помогает остудить ажиотаж вокруг технологии 5G, признает ее огромный потенциал и содержит ряд рекомендаций, призванных помочь директивным органам, регуляторным органам и операторам эффективно проводить совместную работу, направленную как на решение проблем, так и на использование множества возможностей, которые открывает эта новая технология. Директивным органам также рекомендуется повышать доступность и качество сетей 4G, пока в пользу сетей 5G не будут представлены более ясные и убедительные аргументы.

Я хотел бы поблагодарить своих коллег – г-на Чхе Суб Ли, Директора Бюро стандартизации электросвязи МСЭ, и г-на Франсуа Ранси, Директора Бюро радиосвязи МСЭ, за их неоценимый вклад в усилия, направленные на то, чтобы этот отчет стал полезным инструментом МСЭ, способным служить руководством для директивных органов и НРО, стремящихся эффективно использовать выгоды цифровой экономики.



**Брахима Сану**

Директор Бюро развития электросвязи МСЭ



Предисловие	iii
Сокращения и акронимы	vii
Резюме	x
1 Введение	13
2 Обзор 5G	15
2.1 Роль МСЭ	15
2.2 Что такое 5G?	15
2.3 Сценарии использования 5G	19
2.4 Социально-экономические последствия 5G	21
2.5 Цифровой разрыв	22
3 Технология 5G и требования к спектру	24
3.1 Сети радиодоступа	24
3.2 Базовые сети	26
3.3 Транзитная передача	27
3.4 Периферийная сеть	28
3.5 Спектр для сетей 5G	28
4 Основные трудности, связанные с развертыванием сетей 5G	31
4.1 Проблемы развертывания малых сот	31
4.2 Волоконные транзитные линии	32
4.3 Спектр	33
4.4 Другие факторы	34
5 Что такое "хорошо"?	35
5.1 Оптимизация процесса развертывания малых сот	35
5.2 Политическое вмешательство – оптоволокно и спектр	36
5.3 Совместное использование инфраструктуры	36
5.4 Переход на волокно	38
5.5 Решение проблем местного планирования	39
5.6 Согласование спектра	40
5.7 Лицензирование спектра	41
5.8 Пилотные проекты в области 5G	42
6 Пример оценки фактических затрат и инвестиций	45
6.1 Обзор	45
6.2 Методика	46
6.3 Сценарии	47
Сценарий 1 – большой густонаселенный город	47
Сценарий 2 – небольшой город со средней плотностью застройки	47
6.4 Результаты	47
6.5 Независимая оценка затрат	48
6.6 Инвестиционные модели	49
7 Заключение	50
Приложение А	51

# Перечень таблиц и рисунков

## Рисунки

Рисунок 1: Подробная хронология и процесс IMT-2020 в МСЭ-R	15
Улучшение ключевых характеристик систем от IMT-Advanced до IMT-2020	18
Рисунок 2: Развитие сетей подвижной связи	19
Рисунок 3: Сценарии использования 5G	20
Рисунок 4: Требования к пропускной способности и задержке для применений 5G	24
Рисунок 5: Сети с большими и малыми сотами	25
Рисунок 6: Пример антенной системы, поддерживающей малые соты, и уличный шкаф	26
Рисунок 7: Типичное решение нейтрального центра оптовых услуг на основе малых сот	45
Рисунок 8: Типичное решение нейтрального центра оптовых услуг на основе малых сот	46
Рисунок 9: Капитальные затраты в сценарии 1 – большой густонаселенный город	48
Рисунок 10: Капитальные затраты в сценарии 2 – небольшой город с менее плотной застройкой	48
Рисунок 11: Составляющие капитальных затрат	48

## Вставки

Вставка 1: Роль IMT на период до 2020 года (5G) и далее	16
Вставка 2: Технология 5G и конвергенция сетей фиксированной и подвижной связи (FMC)	21
Вставка 3: Абердин	25
Вставка 4: Telefónica инвестирует в SDN и NFV	27
Вставка 5: МСЭ-R: техническая осуществимость IMT на частотах выше 24 ГГц и до 86 ГГц	29
Вставка 6: Точка зрения оператора: используемый компанией Huawei подход на основе многоуровневого спектра	30
Вставка 7: Отношение отрасли к препятствиям на пути развертывания малых сот	32
Вставка 8: Препятствия для развертывания волоконно-оптических сетей	33
Вставка 9: Упрощение развертывания малых сот	35
Вставка 10: Инвестиции в волоконно-оптические сети в Соединенном Королевстве	36
Вставка 11: Рабочая группа 5G, Австралия	36
Вставка 12: Обязательное совместное использование	37
Вставка 13: Совместное использование сети на коммерческой основе	38
Вставка 14: Переход на оптоволокно	39
Вставка 15: Стандартизированные договоры о праве прохода корпорации City of London	40
Вставка 16: Эффективные процедуры планирования	40
Вставка 17: Предложения некоторых НРО по спектру 5G	41
Вставка 18: Возглавляемые государством инициативы в области 5G	42
Вставка 19: Коммерческие испытания 5G	43

## Сокращения и акронимы

Ниже для простоты приведены различные сокращения и акронимы, используемые в настоящем документе.

Abbreviation/ acronym	Description	Сокращение/ акроним	Описание
<b>2G, 3G, 4G, 5G*</b>	Refers to different generations of mobile standards		Относится к различным поколениям стандартов подвижной связи
<b>5GIA</b>	5G Infrastructure Association		Ассоциация инфраструктуры 5G
<b>AI</b>	Artificial Intelligence	ИИ	Искусственный интеллект
<b>AV</b>	Autonomous Vehicle	АТС	Автономное транспортное средство
<b>BEREC</b>	Body of European Regulators for Electronic Communications		Совет европейских регуляторных органов в области электронной связи
<b>BNG</b>	Broadband Network Gateway		Шлюз широкополосной сети
<b>CAGR</b>	Compound Annual Growth Rate		Совокупный среднегодовой темп роста
<b>CAV</b>	Connected Autonomous Vehicle		Подключенное автономное транспортное средство
<b>CCTV</b>	Closed-Circuit TV		Система видеонаблюдения
<b>CPRI</b>	Common Public Radio Interface		Радиоинтерфейс общего пользования
<b>C-RAN</b>	Cloud/centralized Radio Access Network		Сети облачного/централизованного радиодоступа
<b>DAN</b>	Data Aware Networking		Организация сетей, осведомленных о данных
<b>EC</b>	European Commission	ЕК	Европейская комиссия
<b>eMBB</b>	Enhanced Mobile Broadband		Усовершенствованная подвижная широкополосная связь
<b>EMC</b>	Electromagnetic Compatibility	ЭМС	Электромагнитная совместимость
<b>EMF</b>	Electromagnetic Field	ЭМП	Электромагнитное поле
<b>EU</b>	European Union	ЕС	Европейский союз
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission		Федеральная комиссия по связи
<b>FG ML5G</b>	Focus Group on Machine Learning for Future Networks, including 5G	ОГ-ML5G	Оперативная группа по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G
<b>FMC</b>	Fixed Mobile Convergence		Конвергенция сетей фиксированной и подвижной связи
<b>FTTH</b>	Fibre to the Home		Волоконная линия до жилого помещения
<b>FTTP</b>	Fibre to the Premise		Волоконная линия до помещения

\* <https://www.itu.int/en/publications/Documents/tsb/2017-IMT2020-deliverables/mobile/index.html#p=1>

Abbreviation/ acronym	Description	Сокращение/ акроним	Описание
<b>FUTEBOL</b>	Federated Union of Telecommunications Research Facilities for an EU-Brazil Open Laboratory		Объединенный союз исследовательских учреждений электросвязи в рамках Открытой лаборатории ЕС и Бразилии
<b>GSMA</b>	The GSM Association		Ассоциация <b>GSM</b>
<b>HAPS</b>	High Altitude Platform Systems		Системы на базе высотной платформы
<b>ICNIRP</b>	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	МКЗНИ	Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения
<b>ICT</b>	Information and Communications Technology	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
<b>IMT-2020</b>	International Mobile Telecommunication 2020 standards		Стандарты Международной подвижной электросвязи – 2020
<b>IoT</b>	Internet of Things		Интернет вещей
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union	МСЭ	Международный союз электросвязи
<b>ITU-BDT</b>	ITU Telecommunication Development Bureau	БРЭ МСЭ	Бюро развития электросвязи МСЭ
<b>ITU-D</b>	ITU Development Sector	МСЭ-D	Сектор развития электросвязи МСЭ
<b>ITU-R</b>	ITU Radiocommunication Sector	МСЭ-R	Сектор радиосвязи МСЭ
<b>ITU-T</b>	ITU Standardization Sector	МСЭ-T	Сектор стандартизации электросвязи МСЭ
<b>LTE-A Pro</b>	Long-Term Evolution Advanced Pro		Усовершенствованная технология долгосрочного развития
<b>MCS</b>	Mission Critical Services		Критически важные услуги
<b>MER</b>	Main Equipment Room		Главная аппаратная
<b>MIMO</b>	Multiple Input, Multiple Output		Многоканальный вход/ многоканальный выход
<b>MIoT</b>	Massive Internet of Things		Широкомасштабный интернет вещей
<b>mmWave</b>	Millimeter Wave		Миллиметровые волны
<b>mMTC</b>	Massive Machine-type Communications		Интенсивный межмашинный обмен
<b>NFV</b>	Network Function Virtualization		Визуализация сетевых функций
<b>NISA</b>	National Information Society Agency (Korea Rep. of)		Национальное агентство по вопросам информационного общества Республики Корея
<b>NRA</b>	National Regulatory Authority	НРО	Национальный регуляторный орган
<b>OTN</b>	Optical Transport Network		Оптическая транспортная сеть
<b>PMP</b>	Point-to-Multipoint	П-МП	Система связи пункта со многими пунктами

\* <https://www.itu.int/en/publications/Documents/tsb/2017-IMT2020-deliverables/mobile/index.html#p=1>

Abbreviation/ acronym	Description	Сокращение/ акроним	Описание
<b>PPP</b>	Public–Private Partnership	ГЧП	Государственно-частное партнерство
<b>Q.NBN</b>	Qatar National Broadband Network		Национальная сеть широкополосной связи Катара
<b>RAN</b>	Radio Access Network		Сеть радиодоступа
<b>RF EMF</b>	Radio Frequency Electromagnetic Field	РЧ ЭМП	Радиочастотное электромагнитное поле
<b>RoF</b>	Radio-over-Fibre		Радиосвязь по волокну
<b>RRU</b>	Remote Radio Unit		Выносной радиоблок
<b>SDN</b>	Software-Defined Networking		Организация сетей с программируемыми параметрами
<b>SMP</b>	Significant Market Power		Значительное влияние на рынке
<b>TCO</b>	Total Cost of Ownership		Совокупная стоимость владения
<b>TIM</b>	Telecom Italia Mobile		Компания Telecom Italia Mobile
<b>URLLC</b>	Ultra-Reliable and Low-Latency Communication		Сверхнадежная передача данных с малой задержкой
<b>WHO</b>	World Health Organization	ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network		Беспроводная локальная сеть
<b>WRC-19</b>	World Radiocommunication Conference 2019	ВКР-19	Всемирная конференция радиосвязи 2019 года
<b>WTDC</b>	World Telecommunication Development Conference	ВКРЭ	Всемирная конференция по развитию электросвязи

\* <https://www.itu.int/en/publications/Documents/tsb/2017-IMT2020-deliverables/mobile/index.html#p=1>

Если не указано иное, под "директивными органами" понимаются НРО, местные (муниципальные или уровня штата) или национальные (федеральные) государственные ведомства.

С внедрением 5G связаны большие надежды: многие предполагают, что благодаря этой технологии можно будет достичь преобразующей жизнь "земли обетованной" – большей удовлетворенности конечных пользователей оказываемыми услугами, внедрения новых приложений, новых бизнес-моделей и новых услуг, стремительно доставляемых потребителям на гигабитных скоростях, повышения эффективности и надежности сетей. По прогнозам авторов независимых экономических исследований, сети и услуги 5G, опирающиеся на успешное развитие сетей подвижной связи 2G, 3G и 4G, принесут существенные экономические выгоды.

## **Внимание: потребуются большие объемы инвестиций**

Тем не менее, несмотря на потенциальные выгоды, существуют опасения, что внедрять 5G преждевременно, и высказываются соответствующие предупреждения. Операторы скептически отзываюся о коммерческой оправданности 5G, принимая во внимание большой объем инвестиций, необходимых для развертывания сетей 5G<sup>1</sup>. Согласно приводимым в этом отчете оценкам, стоимость развертывания готовой и использованию сети 5G с малыми сотами, при условии что волоконно-оптические транзитные линии рентабельны, может составить от 6,8 млн. долл. США в небольшом городе до 55,5 млн. долл. США в большом городе с высокой плотностью населения.

## **Опасность углубления цифрового разрыва**

Экономически обоснованным вариантом инвестирования в 5G может быть развертывание сетей в городских районах с высокой плотностью населения, поскольку эти районы всегда наиболее коммерчески привлекательны для операторов. Коммерчески обосновать инвестиции в сети 5G за пределами этих районов гораздо сложнее, особенно в первые годы развертывания 5G. В результате шансов получить инвестиции на внедрение 5G у сельских и пригородных районов будет меньше, а это может привести к углублению цифрового разрыва.

## **Необходимость выработки сбалансированного подхода**

Пока аргументы в пользу инвестиций в 5G являются недостаточно убедительными, компаниям отрасли и директивным органам следует проявлять осторожность и рассмотреть возможность расширения доступности и повышения качества существующих сетей 4G в преддверии перехода к 5G. Во внедрении 5G нет срочной необходимости. Директивным органам и операторам следует рассматривать возможность развертывания сетей 5G только там, где существует спрос или убедительное коммерческое обоснование такого шага.

## **Ситуацию изменят действия директивных органов**

Там, где на 5G есть спрос, но при этом высока стоимость развертывания такой сети, директивные органы могут принять ряд мер нормативно-правового характера для облегчения развертывания сетей 5G, включая:

- поддержку покрытия приемлемой в ценовом отношении беспроводной связью (например, в частотных диапазонах ниже 1 ГГц) в целях сокращения цифрового разрыва;
- использование коммерческих стимулов, таких как гранты или ГЧП, для поощрения инвестиций в развитие сетей 5G.

## **5G: 16 основных вопросов, которые необходимо рассмотреть директивным органам**

В настоящем отчете освещаются 16 ключевых вопросов (и ответы на них), которые директивным органам следует изучить при разработке стратегий стимулирования инвестиций в развитие сетей 5G. В совокупности эти вопросы и ответы на них являются мощным средством определения общего подхода ко всем основным аспектам продвижения к 5G и, в необходимых случаях, начала пользующегося разумной поддержкой ускоренного перехода к этой технологии.

<sup>1</sup> <https://www.techradar.com/news/eu-backed-groups-warns-about-5g-claims>

## Основные вопросы для рассмотрения

№	Резюме	Меры для рассмотрения
1	Инвестиционная привлекательность	Директивные органы могут рассмотреть возможность проведения собственной независимой экономической оценки коммерческой целесообразности развертывания сетей 5G
2	Стратегия развития сетей 4G	Пока не будет убедительно обоснована целесообразность развертывания сетей 5G, директивные органы могут рассмотреть возможность расширения доступности сетей 4G и существенного повышения их качества
3	Согласованное использование спектра	НРО могут рассмотреть возможность распределения/присвоения согласованных на глобальном уровне полос спектра для 5G
4	Дорожная карта использования спектра	НРО могут рассмотреть возможность принятия дорожной карты использования спектра и прогнозируемого процесса ее обновления
5	Совместное использование спектра	НРО могут рассмотреть возможность разрешить совместное использование имеющегося спектра в целях его максимально эффективного использования, в частности в интересах сельских районов
6	Плата за спектр	НРО могут рассмотреть возможность выбора процедур распределения спектра, способствующих привлечению инвестиций
7	Спектр 700 МГц	Директивные органы могут рассмотреть возможность поддержки покрытия приемлемой в ценовом отношении беспроводной связью (например, в диапазоне 700 МГц) в целях уменьшения риска возникновения цифрового разрыва
8	Стимулирование инвестиций в волоконно-оптические сети	В случае сбоев рынка директивные органы могут рассмотреть возможность стимулирования инвестиций в волоконно-оптические сети и объекты пассивной инфраструктуры за счет ГЧП, инвестиционных фондов, безвозмездного финансирования и т. д.
9	Налог на волоконно-оптические сети	Директивные органы могут рассмотреть возможность снятия налогового бремени, связанного с развертыванием волоконно-оптических сетей, в целях уменьшения сопутствующих расходов
10	Переход от меднокабельных сетей к волоконно-оптическим	Директивные органы могут рассмотреть возможность принятия мер политики или создания финансовых стимулов для поощрения перехода от меднокабельных сетей к волоконно-оптическим и для содействия развертыванию волоконно-оптических сетей
11	Беспроводное транзитное соединение	В дополнение к волоконно-оптическим сетям операторы могут рассмотреть возможность применения комплекса технологий беспроводного транзитного соединения для 5G, в том числе систем связи пункта со многими пунктами (П-МП), радиорелейных систем связи микроволнового и миллиметрового диапазона (mmWave), систем на высотных платформах (HAPS) и спутников
12	Доступ/совместное использование пассивной инфраструктуры	<p>Директивные органы могут рассмотреть возможность предоставления доступа к таким находящимся в государственной собственности объектам инфраструктуры, как опоры воздушных линий, светофоры и фонарные столбы, с тем чтобы предоставить операторам беспроводной связи надлежащие права на размещение электронной аппаратуры малых сот на объектах уличной инфраструктуры</p> <p>НРО могут рассмотреть возможность дальнейшей разработки режимов доступа к кабелепроводам, с тем чтобы распространить их на сети 5G, создавая условия для развертывания приемлемых в ценовом отношении волоконно-оптических сетей</p>
13	Стоимость доступа	Директивные органы/НРО могут рассмотреть возможность установления разумного размера платы, взимаемой с операторов за размещение радиооборудования малых сот на объектах уличной инфраструктуры

№	Резюме	Меры для рассмотрения
14	База данных об объектах инфраструктуры	Директивные органы могут рассмотреть возможность создания централизованной базы данных, содержащей основные контактные данные и сведения о таких объектах инфраструктуры, как туннели с коммуникациями, волоконно-оптические сети, вышки ССТV, фонарные столбы и т. д. Это поможет операторам точнее оценивать затраты и планировать развертывание инфраструктуры
15	Соглашения о праве прохода (полосе отчуждения)	Директивные органы могут согласовать типовые соглашения о праве прохода, чтобы сократить расходы и сэкономить время при развертывании волоконно-оптических и беспроводных сетей
16	Экспериментальные сети 5G	Директивные органы могут рассмотреть возможность содействия осуществлению экспериментальных проектов 5G и развертыванию тестовых сетей для проверки технологий 5G и сценариев их использования, а также активизации привлечения участников рынка

# 1 Введение

МСЭ придает особое значение сетям 5G и искусственному интеллекту (ИИ) как областям инноваций, необходимых для содействия развитию более "умных" обществ. Технология 5G – это следующее поколение стандартов подвижной связи, способное повысить качество обслуживания конечных пользователей за счет предложения новых приложений и услуг, доставляемых на гигабитных скоростях, а также существенного повышения эффективности и надежности связи. Как ожидается, эффективность сетей 5G будет повышена благодаря ИИ, с помощью которого будет осуществляться обработка данных, управление сетевыми ресурсами и их координация, а также повысится уровень интеллекта соединенных и автономных систем.

С этой целью МСЭ приступил к осуществлению программы по разработке концепции "ИИТ на период до 2020 года и далее", создав основу для исследований в области 5G, которые начали активно проводиться по всему миру. МСЭ также создал Оперативную группу по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G (ОГ-ML5G)<sup>1</sup>. Эта Оперативная группа изучает сценарии использования, услуги, требования, интерфейсы, протоколы, алгоритмы, архитектуру сетей, учитывающую машинное обучение, и форматы данных.

Настоящий отчет был подготовлен в рамках общей серии отчетов о ИИ, призванных помочь правительствам, регуляторным органам в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) или национальным регуляторным органам (НРО) в подготовке к процессу цифровой трансформации на основе ИИ и технологии 5G.

В настоящем отчете рассматриваются ожидания, связанные с 5G, и изучаются инфраструктурные и инвестиционные требования, предъявляемые к частному и государственному секторам в процессе подготовки к переходу к 5G. Он призван подкрепить возникающие сценарии использования и услуг 5G, а также помочь всем секторам выполнить ожидаемые требования, связанные с этими услугами, в отношении рабочих характеристик (гигабитная скорость передачи данных), малой задержки и высокой надежности, обеспечив предоставление конечным пользователям полного спектра экономических выгод, которые потенциально предложит технология 5G.

Кроме того, в настоящем отчете рассматриваются стратегии перехода, используемые операторами беспроводной связи для модернизации своих сетей 4G до уровня 5G – особенно в городских районах, где развертыванию сетей 5G, скорее всего, будет придано приоритетное значение, – а также различные политические, стратегические и тактические проблемы, способные замедлить развертывание сетей 5G. Хотя важные шаги на пути к принятию технологии 5G предпринимаются в развитых странах, в отчете рассматриваются проблемы, с которыми столкнутся операторы беспроводной связи в менее развитых странах.

Кроме того, в настоящий отчет включены модель затрат высокого уровня, предназначенная для оценки потенциального объема капитальных инвестиций, необходимых оператору беспроводной связи для модернизации его сети до 5G, а также потенциальные модели, которыми смогут воспользоваться НРО для стимулирования инвестиций в 5G. И наконец, в отчете приведены взятые из бесед с операторами и подкрепленные кабинетными исследованиями реальные примеры той роли, которую могут сыграть директивные органы, выступая в качестве помощников, посредников и координаторов в процессе подготовки к развитию технологии 5G, с тем чтобы ускорить темпы и снизить стоимость развертывания сетей 5G.

Структура оставшейся части этого документа выглядит следующим образом:

- В разделе 2 рассматриваются технология 5G, ее развитие, а также дополнительные выгоды, которые она может принести по сравнению с существующими технологиями беспроводной связи, включая экономические и более широкие общественные выгоды.
- В разделе 3 рассматриваются потребности в спектре для 5G и технологии поддержки сетей 5G, а также потенциальные модели перехода операторов на сети 5G.
- В разделе 4 описаны основные проблемы, связанные с развертыванием сетей 5G, с точки зрения политики в отношении инфраструктуры и спектра.
- В разделе 5 приведены примеры того, как директивные органы начинают преодолевать трудности, связанные с развертыванием сетей 5G.

<sup>1</sup> <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ml5g/Pages/default.aspx>

- В разделе 6 рассматриваются потребности в инвестициях в развитие сетей 5G и потенциальные подходы к стимулированию таких инвестиций.
- В разделе 7 приводятся рекомендации для лиц, отвечающих за разработку политики в НРО и правительствах, направленные на упрощение процесса и снижение расходов, связанных с продвижением стран на пути к внедрению 5G.

## 2 Обзор 5G

В данном разделе рассматриваются роль МСЭ в разработке стандартов 5G, а также потенциальные выгоды, которые может принести 5G. Поскольку экосистема 5G еще не разработана в достаточной степени, вопрос о развертывании 5G пока не является актуальным во всех регионах мира. Кроме того, существуют определенные опасения, что развертывание 5G вначале в городских районах с высокой плотностью населения может привести к углублению цифрового разрыва.

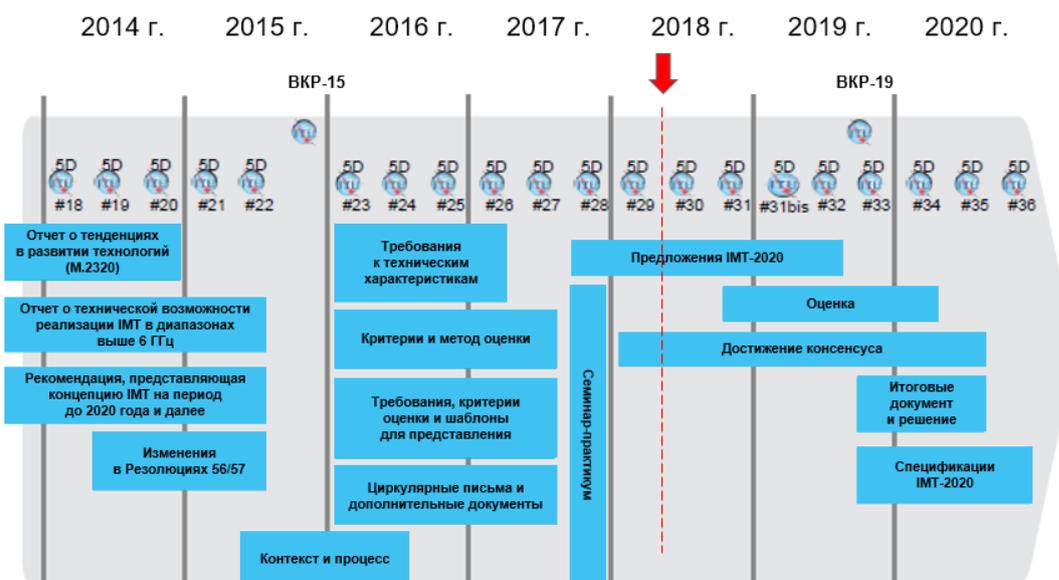
### 2.1 Роль МСЭ

5G – это стандарты подвижной связи последующего поколения, определяемые МСЭ. IMT-2020 (5G) – это название систем, компонентов и связанных с ними элементов, поддерживающих расширенные возможности, превосходящие возможности систем IMT-2000 (3G) и IMT-Advanced (4G).

Стандарты Международной подвижной электросвязи – 2020 (IMT-2020):

- подготавливают почву для исследовательских работ в области 5G, которые начинают проводиться в различных странах мира;
- определяют основу и общие цели процесса стандартизации 5G;
- представляют дорожную карту для руководства этим процессом до его завершения к 2020 году (см. рисунок 1).

Рисунок 1: Подробная хронология и процесс IMT-2020 в МСЭ-R



В приложении А представлен обзор работы МСЭ в области технологии 5G.

### 2.2 Что такое 5G?

На самом высоком уровне 5G предоставляет директивным органам средства для расширения прав и возможностей граждан и бизнеса. Ключевая роль 5G будет состоять в оказании правительствам и директивным органам поддержки в преобразовании крупных населенных пунктов в "умные" города и предоставлении гражданам и сообществам возможности использовать социально-экономические выгоды, предоставляемые передовой цифровой экономикой, требующей использования больших объемов данных, а также принимать участие в создании этих выгод.

Как ожидается, 5G повысит качество обслуживания конечных пользователей, предложив им новые приложения и услуги на гигабитных скоростях, а также существенно повысив эффективность и надежность сетей. 5G будет опираться на успехи сетей подвижной связи 2G, 3G и 4G, которые способствовали преобразованию общества, поддерживая развитие новых услуг и новых бизнес-моделей. 5G позволяет операторам беспроводной связи выйти за рамки предоставления услуг подключения и разрабатывать богатые возможностями решения и услуги для потребителей и индустрии в целом ряде отраслей – и по приемлемым ценам. 5G создает условия для внедрения конвергированных проводных и беспроводных сетей, в частности предоставляя возможности для интеграции систем управления сетями.

Ожидается, что коммерческое развертывание сетей 5G начнется после 2020 года, как показано на рисунке 2, после завершения разработки стандартов 5G<sup>1</sup>. По прогнозам Ассоциации GSM (GSMA), к 2025 году количество подключений к 5G достигнет 1,1 млрд., что составит примерно 12 процентов от общего количества подключений к подвижной связи. Кроме того, согласно этим прогнозам, при совокупном среднегодовом темпе роста, составляющем 2,5 процента, совокупные доходы операторов связи вырастут к 2025 году до 1,3 трлн. долл. США<sup>2</sup>.

Также ожидается, что в сетях 5G скорость передачи данных резко возрастет, а время задержки уменьшится по сравнению с сетями 3G и 4G. Время задержки в сетях 5G, как ожидается, должно значительно уменьшиться и составить менее 1 мс, что особенно важно для оказания критически важных услуг, когда данные привязаны ко времени. Благодаря возможности высокоскоростной передачи данных сети 5G могут использоваться для предоставления целого ряда высокоскоростных услуг широкополосной связи и выступать в качестве альтернативы доступу "последней мили", например FTTH или медным кабелям.

#### Вставка 1: Роль ИМТ на период до 2020 года (5G) и далее

Подробное описание концепции дальнейшего развития ИМТ на период до 2020 года и далее содержится в Рекомендации МСЭ-R М.2083-0. В соответствии с данной Рекомендацией системы ИМТ должны и далее вносить свой вклад в следующих областях:

- Инфраструктура беспроводной связи для глобального соединения. Широкополосная связь будет играть не менее важную роль, чем электроснабжение. ИМТ будет и дальше сохранять важное значение в этом контексте, выступая в роли одного из главных элементов, обеспечивающих услуги подвижной связи и обмен информацией. В будущем как профессионалам, так и обычным пользователям будет предложен широкий спектр применений и услуг, начиная от информационно-развлекательных и заканчивая промышленными и профессиональными применениями.

<sup>1</sup> В 2012 году Сектор радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) приступил к разработке программы по развитию стандартов международной подвижной электросвязи (ИМТ) для 5G к 2020 году.

<sup>2</sup> "The 5G era: Age of boundless connectivity and intelligence automation", GSMA Intelligence, 2017: <https://www.gsmainelligence.com/research/2017/02/the-5g-era-age-of-boundless-connectivity-and-intelligent-automation/614/>

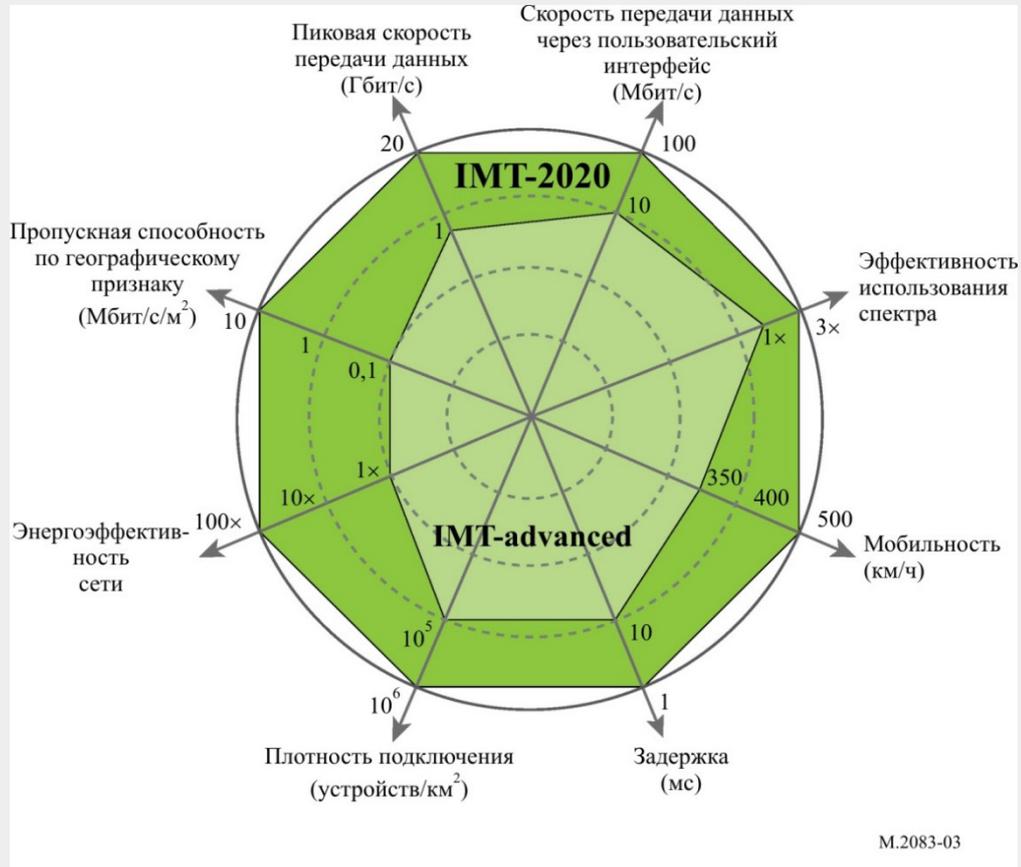
**Вставка 1: Роль ИМТ на период до 2020 года (5G) и далее (продолжение)**

- Новый рынок ИКТ. По прогнозам, развитие будущих систем ИМТ будет содействовать формированию комплексной отрасли ИКТ, которая, в свою очередь, станет одной из основных движущих сил для экономики во всем мире. Возможные области применения включают сбор, агрегирование и анализ больших данных; предоставление персонализированных сетевых услуг для предприятий и социальных групп в сетях беспроводной связи.
- Преодоление цифрового разрыва. ИМТ продолжит работу по устранению последствий нарастающего цифрового разрыва. Доступные, стабильные и простые в развертывании системы подвижной и беспроводной связи способны помочь в решении этой задачи и в то же время обеспечить эффективное энергосбережение при максимальной производительности.
- Новые способы связи. ИМТ позволит передавать любой контент в любое время, в любом месте при помощи любого устройства. Пользователи будут создавать еще больше контента и делиться этим контентом без ограничения по времени и местоположению.
- Новые формы образования. Технологии ИМТ способны изменить методики образования, обеспечивая беспрепятственный доступ к цифровым учебникам или к облачным хранилищам данных в интернете, развивая такие применения, как электронное обучение, электронное здравоохранение, электронная торговля.
- Повышение энергоэффективности. Технологии ИМТ обеспечивают энергоэффективность в самых различных отраслях экономики, поддерживая межмашинное взаимодействие и такие решения, как "умные" электросети, телеконференции, "умные" системы логистики и транспорта.
- Изменения в социальной сфере. Социальные сети, работающие на основе широкополосной связи, помогут быстро формировать и распространять общественное мнение по политическим и социальным вопросам. Основной движущей силой социальных преобразований станут мнения огромного количества объединенных сетью людей, сформированные за счет возможности обмена информацией в любое время и в любом месте.
- Инновации в искусстве и культуре. ИМТ будет поддерживать художников и исполнителей, создающих произведения искусства или участвующих в групповых представлениях или мероприятиях, таких как виртуальные хоры, флешмобы, написание песен и соавторство в создании произведений. Кроме того, люди, подключенные к виртуальному миру, имеют возможность создавать новые виды сообществ и формировать собственную культуру.

Ниже описаны цели и задачи ИМТ-2020.

Вставка 1: Роль ИМТ на период до 2020 года (5G) и далее (продолжение)

Улучшение ключевых характеристик систем от ИМТ-Advanced до ИМТ-2020



Ожидается, что пиковая скорость передачи данных в ИМТ-2020 для систем усовершенствованной подвижной широкополосной связи достигнет 10 Гбит/с. Однако при определенных условиях и сценариях системы ИМТ-2020 смогут поддерживать пиковую скорость передачи данных до 20 Гбит/с, как показано на рисунке 3. ИМТ-2020 будет поддерживать обеспечение пользователям разных скоростей передачи данных, охватывая широкий диапазон условий окружающей среды для систем усовершенствованной подвижной широкополосной связи. Для сценариев с широкими зонами охвата, например в городских и пригородных районах, ожидается, что скорость передачи данных пользователям составит 100 Мбит/с. Для сценариев с беспроводными точками доступа ожидается, что скорость передачи данных пользователям достигнет более высоких значений (например, 1 Гбит/с внутри помещений).

**Вставка 1: Роль ИМТ на период до 2020 года (5G) и далее (продолжение)**

Ожидается, что эффективность использования спектра будет в три раза выше, чем у систем ИМТ-Advanced для усовершенствованной подвижной широкополосной связи. Достижимое повышение эффективности систем ИМТ-Advanced будет разным для различных сценариев и в некоторых сценариях может оказаться выше (например, в пять раз, что является предметом дальнейшего исследования). Ожидается, что ИМТ-2020 будет поддерживать емкость трафика на уровне 10 Мбит/с/м<sup>2</sup>, например в сценариях с беспроводными точками доступа.

Энергопотребление сети радиодоступа ИМТ-2020 не должно превышать значений для ИМТ, действующих в настоящий момент, по мере того как характеристики системы будут улучшаться. Энергоэффективность сети должна быть повышена как минимум настолько, насколько будет улучшена пропускная способность ИМТ-2020 относительно ИМТ-Advanced для усовершенствованной подвижной широкополосной связи.

ИМТ-2020 сможет обеспечить задержку передачи беспроводных сигналов в пределах 1 мс, что позволяет оказывать услуги, требующие сверхмалой задержки. Кроме того, ожидается, что ИМТ-2020 обеспечит высокую мобильность (до 500 км/ч), сохраняя приемлемое качество обслуживания. Это станет особенно актуальным для обеспечения связи в скоростных поездах.

И наконец, ожидается, что ИМТ-2020 будет поддерживать плотность соединения до 106/км<sup>2</sup>, например в крупномасштабных сетях межмашинной связи.

Источник: Рекомендация МСЭ-R М.2083-0

Рисунок 2: Развитие сетей подвижной связи

	1G	2G	3G	4G	5G
	1980-е годы	1990-е годы	2000-е годы	2010-е годы	2020-е годы
Теоретическая скорость загрузки	2кбит/с	384кбит/с	56Мбит/с	1Гбит/с	10Гбит/с
Время задержки	Н/д	629 мс	212 мс	60–98 мс	< 1 мс

### 2.3 Сценарии использования 5G

Технология 5G принесет с собой высокую скорость передачи данных и малое время задержки, благодаря которым общество стремительно войдет в новую эру "умных" городов и интернета вещей (IoT). Отраслевые заинтересованные стороны выявили несколько потенциальных сценариев использования сетей 5G, а МСЭ-R определил три важные категории этих сценариев использования (см. рисунок 3).

- 1) **Усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB)** – усовершенствованная широкополосная связь в помещениях и вне помещений, внутрикорпоративное сотрудничество, дополненная и виртуальная реальность.
- 2) **Интенсивный межмашинный обмен (mMTC)** – IoT, отслеживание материальных активов, "умное" сельское хозяйство, "умные" города, мониторинг энергопотребления, "умный" дом, удаленное наблюдение.
- 3) **Сверхнадежная передача данных с малой задержкой (URLLC)** – автономные транспортные средства, "умные" электросети, дистанционное наблюдение за пациентами и телемедицина, автоматизация производства.

Рисунок 3: Сценарии использования 5G



По мнению операторов беспроводной связи, eMBB будет представлять собой первичный сценарий использования 5G на ранних этапах развертывания сети. Благодаря eMBB густонаселенные районы будут охвачены высокоскоростной подвижной широкополосной связью, пользователи получат доступ к высокоскоростной потоковой передаче данных по запросу на домашних устройствах, экранах и мобильных устройствах, появятся условия для развития услуг внутрикорпоративного сотрудничества. Некоторые операторы также рассматривают eMBB в качестве решения "последней мили" в районах, где не хватает соединений по медному кабелю или волоконно-оптических соединений до жилых помещений.

Как ожидается, технология 5G также будет способствовать развитию "умных" городов и IoT за счет развертывания большого количества маломощных сенсорных сетей в городах и сельских районах. Благодаря своей безопасности и надежности технология 5G может быть использована при обеспечении общественной безопасности, а также при оказании критически важных услуг, например в "умных" электросетях, работе полиции и служб безопасности, предприятиях энерго- и водоснабжения и здравоохранении. В силу своей высокой эффективности и малого времени задержки технология 5G подходит для использования в дистанционной хирургии, автоматизации производства и осуществления контроля за процессами в режиме реального времени.

Малое время задержки и характеристики безопасности 5G сыграют важную роль в развитии интеллектуальных транспортных систем, позволяя "умным" транспортным средствам связываться друг с другом, а также предоставляя возможности для создания подключенных, автономных автомобилей и грузовиков. Например, автономное транспортное средство (АТС), управляемое облачной системой автономного вождения, должно будет уметь останавливаться, ускоряться или поворачивать после получения соответствующей команды. Задержка в сети или потеря сигнала, препятствующие доставке сообщения, могут привести к катастрофическим последствиям. И все же операторы беспроводной связи считают, что до ввода АТС в эксплуатацию еще далеко, несмотря на продолжающиеся эксперименты и испытания в этой области.

**Вставка 2: Технология 5G и конвергенция сетей фиксированной и подвижной связи (FMC)**

FMC – это решение по организации сети в любой заданной конфигурации, предоставляющее конечному пользователю услуги и приложения независимо от технологий фиксированного или подвижного доступа и от местоположения конечного пользователя. Концепция FMC реализуется с 2005 года. По мере продвижения в сторону технологии 5G решение FMC приобретает дополнительные особенности.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т Y.3101 в сети IMT-2020 предусмотрена независимая от сети архитектура доступа, в основе которой лежат единая унифицированная базовая сеть для новых технологий радиодоступа к IMT-2020, а также существующие сети фиксированной и беспроводной связи (например, беспроводная локальная сеть (WLAN)). Как ожидается, независимая от технологии доступа унифицированная базовая сеть будет действовать в сопровождении механизмов общего контроля, не связанных с технологиями доступа.

Возникающие информационно-коммуникационные технологии (например, виртуализация, облачные вычисления, организация сетей с программируемыми параметрами (SDN), виртуализация сетевых функций (NFV)) способствуют преобразованию фиксированных и подвижных сетей операторов электросвязи таким образом, чтобы добиться высокоэффективного использования ресурсов и повысить гибкость сетей, что, в свою очередь, способствует конвергенции сетевых функций в сети IMT-2020.

С этой целью ИК13 МСЭ-Т утвердила Рекомендацию МСЭ-Т Y.3130 (01/2018), в которой определены относящиеся к услугам требования, такие как поддержка унифицированной идентичности пользователя, унифицированного начисления платы, непрерывности обслуживания и гарантированного качества обслуживания, и требования к сетевым возможностям, такие как конвергенция плоскостей управления, управление пользовательскими данными, представление возможностей и инфраструктура на основе облака, для поддержки конвергенции фиксированной и подвижной связи в сети IMT-2020.

В настоящее время ИК13 МСЭ-Т продолжает изучать различные аспекты подхода FMC, в том числе планирование услуги FMC – способности сети к сбору информации на прикладном уровне, сетевом уровне и пользовательском уровне для разработки политики планирования услуги (например, составление расписания трафика, выбор доступа и т. д.) в сети FMC, поддерживающей доступ с множеством RAT.

В контексте IMT-2020 FMC – это возможности предоставления конечным пользователям услуг и приложений независимо от использования технологий фиксированного или подвижного доступа и от местоположения конечных пользователей.

## 2.4 Социально-экономические последствия 5G

Существует лишь несколько сторонних исследований, в которых изучаются последствия инвестирования в 5G для экономики. Тем не менее, опираясь на некоторые сторонние прогнозы, можно оценить возможное воздействие 5G на объем производства.

МСЭ предлагает директивным органам проводить независимую оценку экономических выгод, поскольку оценки, проведенные сторонними организациями, не утверждаются МСЭ.

Согласно оценке, содержащейся в одном из отчетов, к 2035 году 5G обеспечит глобальный объем производства, оцениваемый в 12,3 трлн. долл. США, причем крупнейший рост объема продаж будет иметь место в сфере промышленного производства, что обусловлено предполагаемым увеличением расходов на оборудование 5G. На втором месте по росту объема продаж находится сфера ИКТ, поскольку имело место повышение расходов на услуги связи. Как ожидается, к 2035 году инвестиции в цепочку создания

стоимости обеспечат дополнительный прирост объема производства, оцениваемый в 3,5 трлн. долл. США, и будут способствовать созданию 22 млн. рабочих мест<sup>3</sup>.

Согласно оценке Европейской комиссии (ЕК), совокупные затраты на развертывание сетей 5G в 28 государствах – членах ЕС составят 56 млрд. евро, но благодаря внедрению возможностей 5G это обеспечит ежегодный экономический эффект в размере 113,1 млрд. евро и создание 2,3 млн. рабочих мест. Кроме того, по оценкам, основные экономические выгоды будут связаны с повышением производительности в автомобильном секторе и на рабочих местах в целом. Как ожидается, большая часть выгод будет получена в городских районах, и из них лишь 8 процентов (10 млрд. евро в год) придется на сельские районы<sup>4</sup>.

В других отчетах также говорится о значительных экономических выгодах и росте производительности в результате направления инвестиций в сети 5G<sup>5</sup>. Подобные расчеты проводятся для определения количественной оценки выгод 5G при идеальных инвестиционных условиях. В разных странах реальные экономические выгоды будут различаться в зависимости от структуры рынка и от наличия цифровой и вспомогательной экономической инфраструктуры.

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть возможность проведения своей собственной экономической оценки рентабельности сетей 5G и влияния этих сетей на экономику.**

Несмотря на наличие потенциальных экономических выгод, отрасль по-прежнему настроена скептически в отношении коммерческой привлекательности инвестирования в 5G. Учитывая существенный объем требуемых инвестиций, некоторые европейские операторы скептически относятся к ажиотажу вокруг 5G и сомневаются в возможности заработать на этом. Подобные опасения разделяют действующая при поддержке ЕС Ассоциация инфраструктуры 5G (5GIA) и руководители компаний электросвязи, предупреждающие от преждевременных сообщений о вводе сетей 5G в эксплуатацию<sup>6</sup>.

Во многих сообщениях о внедрении 5G – некоторые из них рассматриваются в настоящем отчете – речь идет всего лишь об экспериментальных или пробных испытаниях сетей 5G на региональном уровне, а не о их полномасштабном коммерческом развертывании. Еще предстоит пройти немалый путь, прежде чем можно будет представить операторам убедительные аргументы в пользу инвестиций и начать какое бы то ни было крупномасштабное коммерческое развертывание сетей 5G.

**Основной вывод: до тех пор пока не будет убедительно продемонстрирована целесообразность инвестиций в развертывание 5G, компании отрасли и директивные органы могут рассматривать подход к инвестированию в 5G с осторожностью; им также следует продолжать повышать доступность и качество существующих сетей 4G.**

## 2.5 Цифровой разрыв

По мнению компаний отрасли, развертывание сетей 5G первоначально будет осуществляться в городских районах с высокой плотностью населения и пользователям будут предложены такие услуги, как усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB). Развертывание сетей 5G в сельских районах, где спрос, как правило, ниже, будет проблематично с коммерческой точки зрения, и, следовательно, сельские районы могут остаться не покрытыми сетями 5G, что приведет к углублению цифрового разрыва.

Тем не менее такого развития событий в сельских районах можно избежать при наличии доступных диапазонов спектра с частотой ниже 1 ГГц. С помощью этой части спектра операторы подвижной связи могут покрыть обширные районы при меньших затратах, чем при использовании более высокочастотных спектральных диапазонов.

<sup>3</sup> "The 5G Economy", IHS economics and IHS technology, January 2017: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Technology-5G-Economic-Impact-Study.pdf>

<sup>4</sup> "Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe", European Commission, 2016: [https://connectcentre.ie/wp-content/uploads/2016/10/EC-Study\\_5G-in-Europe.pdf](https://connectcentre.ie/wp-content/uploads/2016/10/EC-Study_5G-in-Europe.pdf)

<sup>5</sup> "5G mobile – enabling businesses and economic growth", Deloitte, 2017; "Tech-onomy: Measuring the impact of 5G on the nation's economic growth", O2 Telefonica (UK), 2017

<sup>6</sup> <https://www.techradar.com/news/eu-backed-groups-warns-about-5g-claims>

Хотя скорость передачи данных и пропускная способность сети в этой части спектра не так высоки, как в более высокочастотных спектральных диапазонах, использование полос спектра с частотой ниже 1 ГГц позволит расширить покрытие сетей в сельских районах.

**Основной вывод: местным органам власти и регуляторным органам следует принять во внимание риск углубления цифрового разрыва и поддержать коммерческие и законодательные инициативы по стимулированию инвестиций в расширение покрытия приемлемой в ценовом отношении беспроводной связью с использованием полос спектра с частотой ниже 1 ГГц там, где это возможно.**

### 3 Технология 5G и требования к спектру

Радиочастотный спектр, транзитные соединения, программизация базовых сетей и сети радиодоступа будут иметь чрезвычайно важное значение на начальных этапах развертывания сетей 5G, особенно в тех случаях, когда речь идет об улучшенной подвижной широкополосной связи.

#### 3.1 Сети радиодоступа

Большинство развернутых в настоящее время наружных подвижных сетей 4G основано на макросотах<sup>1</sup>. Однако макросотами, охватывающими обширные географические районы, трудно обеспечить плотное покрытие, малое время задержки и высокую пропускную способность, необходимые для некоторых применений 5G (как показано на рисунке 4).

Рисунок 4: Требования к пропускной способности и задержке для применений 5G



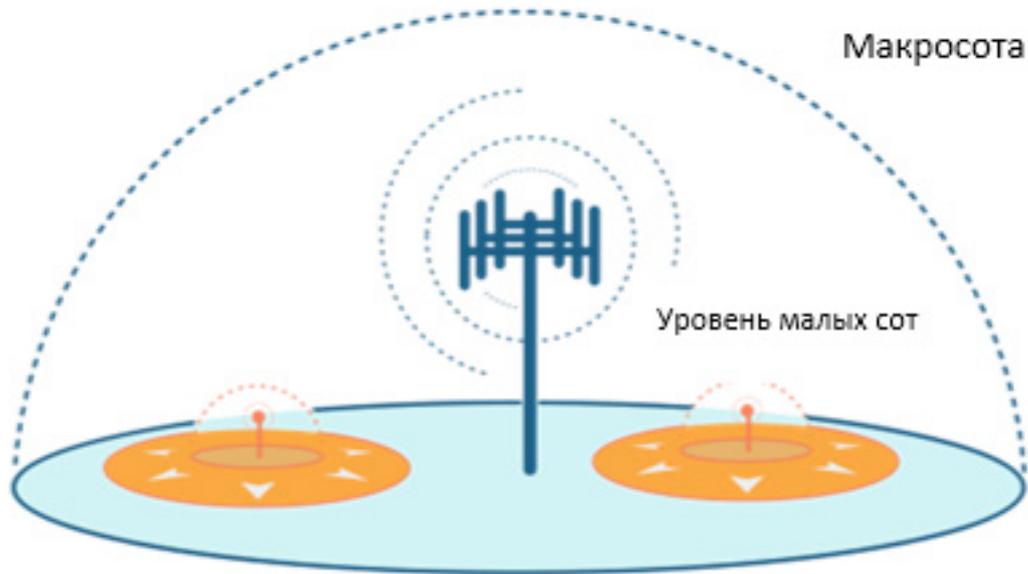
Источник: GSMA Intelligence, 2015

Для того чтобы обеспечить плотное покрытие и высокую пропускную способность, требуемые от сетей 5G, операторы беспроводной связи инвестируют средства в уплотнение своих сетей радиодоступа (RAN) 4G, особенно в густонаселенных городских районах, развертывая малые соты. Обслуживая гораздо меньшую по сравнению с макросотами географическую область, малые соты улучшают покрытие сети, повышают ее пропускную способность и качество обслуживания. См. рисунок 4.

Развертывание малых сот представляет собой один из способов повысить пропускную способность и качество существующих сетей 4G и заложить основу для коммерческих сетей 5G и первых услуг eMBB. Некоторые операторы беспроводной связи уже используют малые соты для увеличения пропускной способности и покрытия своих сетей 4G, особенно в условиях плотной городской застройки; см., например, вставку 3.

<sup>1</sup> <https://www.mobileworldlive.com/blog/blog-global-base-station-count-7m-or-4-times-higher/>

Рисунок 5: Сети с большими и малыми сотами



Малые соты повышают пропускную способность сети без необходимости выделения дополнительного спектра, что делает их привлекательными для операторов с небольшим объемом частотного спектра или в тех случаях, когда спектра недостаточно. Кроме того, в отрасли распространена точка зрения, что развертывание малых сот в городских районах с плотной застройкой в целях повышения качества существующих сетей 4G, вероятно, будет способствовать удовлетворению предполагаемых повышенных требований, предъявляемых к пропускной способности технологией 5G и первыми услугами eMBB<sup>2</sup>.

#### Вставка 3: Абердин

В сентябре 2017 года независимая специализированная башенная компания Wireless Infrastructure Group в сотрудничестве с компанией Telefónica ввела в эксплуатацию первую в Европе сеть с малыми сотами, поддерживающую облачную RAN (C-RAN), для предоставления в центре города Абердин услуг подвижной связи с большей скоростью передачи данных и повышенной пропускной способностью.

Источник : <http://www.wirelessinfrastructure.co.uk/city-of-aberdeen-paves-the-way-for-5g/>

Поскольку малые соты должны обеспечивать плотное покрытие, их антенны приходится монтировать на элементах уличной инфраструктуры – автобусных остановках, фонарных столбах, светофорах и т. п. Часто рядом с ними устанавливается уличный шкаф, в котором размещаются радиоаппаратура оператора, источники питания и средства подключения. На рисунке 6 в качестве примера показаны установленная на фонарном столбе антенная система и соответствующий уличный шкаф.

<sup>2</sup> TechUK: <https://goo.gl/Q58ZA8> – FCC: <https://www.fcc.gov/5G> – ITU: [https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_item.aspx?isn=14456](https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=14456)

Рисунок 6: Пример антенной системы, поддерживающей малые соты, и уличный шкаф



Крупномасштабные системы MIMO (многоканальный вход/многоканальный выход) включают сотни или даже тысячи антенн, что повышает скорость передачи данных и обеспечивает поддержку формирования луча, необходимого для эффективной передачи энергии. Крупномасштабные системы MIMO повышают спектральную эффективность и в сочетании с плотным развертыванием малых сот могут помочь операторам удовлетворить требования к пропускной способности, предъявляемые технологией 5G<sup>3</sup>.

### 3.2 Базовые сети

Одной из определяющих особенностей сетей 5G станет сквозная гибкость линии связи<sup>4</sup>. Такая гибкость будет в значительной степени зависеть от внедрения программизации сетей, при которой функции базового оборудования и программного обеспечения сети разделены. Программизация сети, осуществляемая посредством виртуализации сетевых функций (NFV), организации сетей с программируемыми параметрами (SDN), нарезки сети и облачных RAN (C-RAN), направлена на ускорение как темпов внедрения инноваций, так и темпов модернизации подвижных сетей.

- **NFV** заменяет сетевые функции, реализуемые специализированными устройствами, такими как маршрутизаторы, выравниватели нагрузки и межсетевые экраны, виртуализованными экземплярами ПО, работающими на готовом стандартном оборудовании, что снижает стоимость осуществления изменений и модернизации сети.
- **SDN** позволяет осуществлять динамическую реконфигурацию элементов сети в режиме реального времени, что обеспечивает возможность управлять сетями 5G с помощью программного, а не аппаратного обеспечения, повышая устойчивость сети, ее пропускную способность и качество обслуживания.
- **Нарезка сети** позволяет разделить физическую сеть на несколько виртуальных сетей (логических сегментов), которые могут поддерживать разные RAN или несколько типов услуг для определенных сегментов потребителей, что значительно снижает затраты на строительство сети благодаря более эффективному использованию каналов связи.
- **C-RAN** считается революционной технологией, крайне необходимой для реализации сетей 5G. Это облачная архитектура радиосети, в которой вместо модулей распределенной обработки сигналов на базовых станциях подвижной связи используются технологии виртуализации в сочетании с централизованными процессорами, что снижает затраты на развертывание плотных мобильных сетей на основе малых сот.

В последние годы Telefónica уделяет основное внимание виртуализации своей базовой сети на основе SDN/NFV в рамках подготовки к внедрению 5G в Аргентине, Мексике и Перу, см. вставку 4.

<sup>3</sup> IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7881053/>

<sup>4</sup> ITU: <http://news.itu.int/5g-update-new-itu-standards-network-software-ization-fixed-mobile-convergence/>

**Вставка 4: Telefónica инвестирует в SDN и NFV**

Такие операторы, как Telefónica, уже инвестируют в SDN и NFV в рамках постепенного перехода на 5G, что в долгосрочной перспективе, вероятно, снизит затраты на базовую сеть. У Telefónica имеется амбициозный план сквозной виртуализации своей сети, включая доступ, агрегирование и магистральную сеть, в рамках программы UNICA.

Источник: [https://www.telefonica.com/documents/737979/140082548/Telefonica\\_Virtualisation\\_gCTO\\_FINAL.PDF/426a4b9d-6357-741f-9678-0f16dccc0e16?version=1.0](https://www.telefonica.com/documents/737979/140082548/Telefonica_Virtualisation_gCTO_FINAL.PDF/426a4b9d-6357-741f-9678-0f16dccc0e16?version=1.0)

В число других рассматриваемых технологических усовершенствований входят методы кодирования сигналов, обеспечивающие повышенную спектральную эффективность и высокую скорость передачи, необходимую для сетей 5G. Кроме того, все более важными для приложений реального времени и приложений с высокой чувствительностью к задержке становятся периферийные вычисления. Периферийные вычисления приближают данные к устройствам конечного пользователя, обеспечивая вычислительные возможности с очень короткой задержкой для наиболее требовательных приложений. Это ускоряет доставку имеющих практическую ценность данных, сокращает транспортные расходы и оптимизирует маршруты трафика.

### 3.3 Транзитная передача

Транзитные сети соединяют радиосеть (RAN) с базовой сетью. Предъявляемые технологией 5G требования в отношении сверхвысокой пропускной способности, высокой скорости передачи и короткой задержки обуславливают необходимость сети транзитной передачи, способной удовлетворить эти высокие требования. Операторы сетей подвижной связи считают, что наиболее подходящим типом транзитных каналов являются волоконные линии, характеризующиеся долговечностью, высокой пропускной способностью, высокой надежностью и способностью поддерживать сверхвысокоскоростной трафик.

Однако повсеместное покрытие оптоволоконной сетью имеется не во всех городах, в которых планируется ввод в эксплуатацию первых сетей 5G, не говоря уже о пригородных и сельских районах. Строительство новых волоконных сетей в этих местах нередко требует от операторов непомерно высоких затрат. В этом случае в дополнение к волоконным линиям следует рассмотреть ряд беспроводных транзитных технологий, включая микроволновые линии связи пункта со многими пунктами (PMP) и миллиметровые волны (mmWave). PMP могут обеспечить нисходящую передачу данных со скоростью 1 Гбит/с и задержку менее 1 мс на транзитный участок на расстоянии 2–4 км. Миллиметровые волны отличаются значительно более короткой задержкой и более высокой пропускной способностью.

Хотя основное внимание при развертывании 5G уделяется наземным технологиям, определенную роль в этом играют системы на базе высотной платформы (HAPS) и спутниковые технологии. HAPS и спутниковые системы (включая группировки негеостационарных спутников) могут обеспечивать очень высокие скорости передачи данных (> 100 Мбит/с – 1 Гбит/с), дополняя фиксированные сети или наземные радиосети за пределами густонаселенных городских/пригородных районов, и способны передавать видео в определенные места. Для введения в действие 5G HAPS и спутники могут не использоваться в качестве автономной сети, а быть объединены с другими сетями, что позволит расширить возможности сети 5G и устранить некоторые серьезные проблемы, связанные с обеспечением роста интенсивности мультимедийного трафика, повсеместного покрытия, межмашинной связи и решения важнейших задач электросвязи<sup>5</sup>.

**Основной вывод: в дополнение к волоконным линиям можно рассмотреть использование набора беспроводных технологий, включая микроволновую связь пункта со многими пунктами (PMP), миллиметровые волны (mmWave), HAPS и спутниковую связь.**

Таким образом, реалистичная стратегия создания транзитной сети 5G, вероятно, будет включать определенный набор технологий. Каждый подход следует рассматривать отдельно с учетом требуемой пропускной способности, имеющейся инфраструктуры и возможной окупаемости инвестиций.

<sup>5</sup> EMEA Satellite Operators Association: <https://gscoalition.org/cms-data/position-papers/5G%20White%20Paper.pdf>

### 3.4 Периферийная сеть

Обычно в беспроводной сети 4G имеется периферийная линия связи между радиочастотной (РЧ) функцией и остальными функциями уровней 1, 2 и 3 (L1/L2/L3). В Рекомендации МСЭ-Т Y.3100 периферийная линия определяется как "сетевой путь между централизованными радиоконтроллерами и выносными радиоблоками (RRU) функции базовой станции". Эта архитектура позволяет централизовать все высокоуровневые функции обработки за счет предъявления самых строгих требований к задержке и пропускной способности периферийной сети. Повышение скорости передачи данных в сети 5G делает нецелесообразным продолжение использования обычной периферийной сети на основе радиоинтерфейса общего пользования (CPRI). Наделение RRU дополнительной функцией обработки понизило бы требования к задержке и пропускной способности, но в таком случае может быть централизовано меньшее количество функций обработки. Поэтому крайне важно, чтобы новая функционально-разделенная архитектура учитывала технические и экономические компромиссы между пропускной способностью, задержкой и функциональной централизацией<sup>6</sup>.

Технологии, которые могут использоваться для периферийной сети, указаны или описаны в следующих документах:

- Добавление 55 к Рекомендациям серии G "Технологии радиосвязи по волокну (RoF) и их приложения";
- Добавление 56 к Рекомендациям серии G "Транспортирование OTN сигналов CPRI" содержит описание альтернативы преобразованию и мультиплексированию клиентских сигналов CPRI в OTN;
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.987 "Системы пассивных оптических сетей с поддержкой 10-гигабитных скоростей передачи (XG-PON)";
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.9807 "Симметричная пассивная оптическая сеть, поддерживающая 10-гигабитные скорости передачи (XGS-PON)";
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.989 "Пассивные оптические сети 2 с поддержкой 40-гигабитных скоростей передачи (NG-PON2)";
- проект Рекомендации МСЭ-Т G.RoF "Системы радиосвязи по волокну" (в стадии разработки);
- проект добавления к Рекомендациям серии G (G.sup.5GP) "Требования к беспроводной периферийной сети 5G в контексте PON" (в стадии разработки);
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.709(.x) "Оптическая транспортная сеть (OTN) со скоростью передачи данных выше 100 Гбит/с";
- проект Рекомендации МСЭ-Т G.ctn5g "Характеристики транспортных сетей для поддержки IMT-2020/5G" (в стадии разработки);
- проект добавления к Рекомендациям серии G (G.Sup.5gotn) "Применение OTN для транспортировки трафика 5G" (в стадии разработки);
- Рекомендация МСЭ-Т G.695 "Оптические интерфейсы для приложений, использующих грубое мультиплексирование с разделением по длине волны";
- Рекомендация МСЭ-Т G.698.4 "Многоканальные двунаправленные приложения DWDM с не зависящими от порта одноканальными оптическими интерфейсами";
- Рекомендация МСЭ-Т G.959.1 "Интерфейсы физического уровня оптической транспортной сети".

### 3.5 Спектр для сетей 5G

Для развертывания сетей 5G ввиду повышенных требований к их пропускной способности потребуется более широкая (чем для 4G) полоса спектра и, следовательно, возникнет необходимость в дополнительном спектре. В связи с этим отрасль прилагает усилия к согласованию спектра 5G. МСЭ-R осуществляет координацию согласования дополнительного спектра на международном уровне для развития систем подвижной связи 5G (вставка 5). Сектор стандартизации МСЭ (МСЭ-Т) играет ключевую роль в разработке стандартов технологии и архитектуры проводных элементов систем 5G.

<sup>6</sup> Технический отчет серии G "Transport network support of IMT-2020/5G" (GSTR-TN5G): <http://www.itu.int/pub/publications.aspx?lang=en&parent=T-TUT-HOME-2018>

**Вставка 5: МСЭ-R: техническая осуществимость ИМТ на частотах выше 24 ГГц и до 86 ГГц**

МСЭ-R изучает техническую осуществимость будущего спектра 5G на частотах выше 24 ГГц и до 86 ГГц на основе недавних (и продолжающихся) исследований, проведенных многими членами сектора. При более высоких частотах осуществимость решений на основе ММО и формирования луча повышается. К 2020 году и в более отдаленной перспективе в качестве дополнения смогут использоваться диапазоны частот ниже и выше 6 ГГц. Ожидается, что на Всемирной конференции радиосвязи в 2019 году (ВКР-19) МСЭ примет решение о выделении дополнительного спектра для ИМТ в диапазоне частот от 24 ГГц до 86 ГГц.

Новые полосы спектра, изучаемые для представления на ВКР-19

Соответствующее распределение подвижной службе	Глобальное распределение подвижной службе отсутствует
24,25–27,5 ГГц	31,8–33,4 ГГц
37–40,5 ГГц	40,5–42,5 ГГц
42,5–43,5 ГГц	
45,5–47 ГГц	47–47,2 ГГц
47,2–50,2 ГГц	
50,4–52,6 ГГц	
66–76 ГГц	
81–86 ГГц	

Сценарии использования 5G потенциально могут обеспечиваться различными спектральными частотами. Например, для приложений с короткой задержкой и малой дальностью действия (подходящих для густонаселенных городских районов), вероятно, подходят частоты mmWave (выше 24 ГГц). Для приложений дальнего действия с низкой пропускной способностью (более подходящих для сельской местности), вероятно, подходят частоты до 1 ГГц. Если более низкие частоты имеют лучшие характеристики распространения, обеспечивая лучшее покрытие, то более высокие частоты поддерживают повышенную пропускную способность благодаря большей доступности спектра в полосах mmWave. Например, компания Huawei предложила подход на основе многоуровневого спектра, который наилучшим образом характеризует это направление (см. вставку 6).

Задача НРО будет заключаться в том, чтобы выбрать для сетей 5G полосы спектра, согласованные на общемировом уровне. Для этого необходимо учесть соответствующие решения ВКР-19 для более высокочастотных полос, а также решения ВКР-07 и ВКР-15 для низкочастотных полос.

Хотя ЕК выделила спектр 700 МГц для сетей 5G<sup>7</sup> как необходимый для обеспечения покрытия широкой зоны и покрытия внутри помещений, в некоторых частях Африки его также можно использовать для расширения покрытия сетями 4G. Ожидается, что к 2020 году лишь 35 процентов населения, проживающего в странах Африки к югу от Сахары, будет охвачено сетями 4G, причем во многих сельских районах покрытие сетями подвижной связи 4G недостаточно или вовсе отсутствует. Это при том, что среднемировой показатель составляет 78 процентов<sup>8</sup>. По этой причине директивные органы стран Африки к югу от Сахары вполне могут рассмотреть возможность использования частотного спектра 700 МГц в качестве идеального средства расширения охвата сельского населения услугами 4G вместо его использования для сетей 5G.

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть возможность использования низкочастотного спектра (например, 700 МГц) для обеспечения подвижной широкополосной связи в сельских районах.**

<sup>7</sup> ЕС: [https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/ansip/blog/700-mhz-must-digital-single-market\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/ansip/blog/700-mhz-must-digital-single-market_en)

<sup>8</sup> GSMA: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/sub-saharan-africa-2017/>

**Вставка 6: Точка зрения оператора: используемый компанией Huawei подход на основе многоуровневого спектра**

- **Уровень покрытия.** Используется спектр частот ниже 2 ГГц (например, 700 МГц), обеспечивающий покрытие широких зон и глубокое покрытие внутри помещений.
- **Уровень покрытия и пропускной способности.** Используется спектр в диапазоне 2–6 ГГц, который обеспечивает наилучший компромисс между покрытием и пропускной способностью
- **Уровень суперданных.** Спектр выше 6 ГГц и mmWave используется в особых случаях, когда требуются сверхвысокие скорости передачи данных.

Источник: <http://www.huawei.com/en/about-huawei/public-policy/5g-spectrum>

Ассоциация GSM предполагает, что спектр 3,3–3,8 ГГц образует основу многих первоначальных услуг 5G, в частности для улучшенных услуг подвижной широкополосной связи. Это связано с тем, что диапазон 3,4–3,6 ГГц согласован почти во всем мире и, следовательно, имеет хорошие перспективы для обеспечения экономии на масштабах, позволяющей создавать недорогие устройства.

**Основной вывод: директивные органы разных стран могут рассмотреть возможность объединения в целях согласования диапазонов спектра 5G. В таком случае НРО смогут обмениваться передовым опытом в отношении формирования рынков посредством предоставления лицензий на использование спектра.**

## 4 Основные трудности, связанные с развертыванием сетей 5G

В этом разделе рассматриваются основные трудности, с которыми сталкиваются операторы связи при развертывании сетей 5G. Особое внимание уделяется тому, каким образом надлежащее регулирование и государственная политика могут помочь операторам сетей подвижной связи в развертывании малых сот и волоконных транзитных линий, а также в использовании спектра.

### 4.1 Проблемы развертывания малых сот

В некоторых странах политика регуляторных органов и местных органов власти тормозит развертывание малых сот, налагая на операторов чрезмерные административные и финансовые обязательства, что препятствует инвестициям. В число таких ограничений входят затяжные процедуры выдачи разрешений, длительные процедуры закупки, чрезмерные сборы и устаревшие правила, препятствующие доступу. Эти проблемы подробно описаны во вставке 7 и ниже.

- **Процедуры выдачи разрешений и планирования на местах.** Процедура утверждения местными органами власти планов внедрения приложений на основе малых сот может занимать от 18 до 24 месяцев (вставка 7), что приводит к задержкам.
- **Длительные процедуры переговоров и организации закупок.** Только после длительных процедур организации закупок, длящихся от 6 до 18 месяцев, местные органы власти предоставляют поставщикам услуг беспроводной связи исключительные права на установку аппаратуры малых сот на уличное оборудование, что приводит к дополнительным затратам времени и средств.
- **Высокие сборы и плата за доступ к уличному оборудованию.** В настоящее время местные органы власти взимают высокую плату за использование уличного оборудования. По данным Американского института потребителей, в одном городе за установку оборудования малых сот на фонарный столб взимается комиссионный сбор в размере 30 тыс. долл. США; в другом городе размер комиссионного сбора составляет 45 тыс. долл. США.
- **Воздействие радиочастотных электромагнитных полей (ЭМП) на человек.** В разных странах установлены разные предельно допустимые уровни воздействия, и в некоторых случаях они являются чрезмерно ограничительными. Согласно рекомендации МСЭ, в случае если предельно допустимые уровни радиочастотного электромагнитного поля (РЧ ЭМП) отсутствуют или не охватывают соответствующие частоты, следует использовать пределы, установленные Международной комиссией по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ). Если добавляются новые антенны, на этапе реагирования должны приниматься все необходимые регулярные меры для реагирования на любые проблемы, вызывающие обеспокоенность общественности. Одним из факторов, вызывающих подобную обеспокоенность, является заметность антенн, особенно на крышах. Для уменьшения визуального воздействия можно использовать многополосные антенны с сохранением того же количества антенн на крышах. При отсутствии какой-либо стратегии использования спектра или перестройки технологии сеть 5G будет увеличивать локализованное воздействие, вызванное радиотехнологиями, по крайней мере в течение переходного периода. Поэтому важно подключить национальные директивные органы на ранней стадии принятия решения о способах разворачивания сети 5G и введения ее в эксплуатацию, а также о более эффективных методах оценки и обеспечения соответствия национальным ограничениям. Это уже вызвало трудности в тех странах, где пределы воздействия носили более ограничительный характер, чем рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) на основе подготовленных МКЗНИ руководящих принципов в отношении РЧ ЭМП<sup>1</sup>.
- **Доступ и права в соответствии с кодексом.** Операторы беспроводной связи<sup>2</sup> могут не иметь права устанавливать малые соты или радиоаппаратуру на уличное оборудование, такое как фонарные столбы. В Соединенном Королевстве, например, в кодекс внесены изменения для преодоления этих ограничений, но они не имеют обязательной силы, то есть их применение может быть оспорено.

<sup>1</sup> Из Добавления МСЭ-Т К.Suppl.9 "Технология 5G и воздействие РЧ ЭМП на человека": <https://www.itu.int/rec/T-REC-K-Sup9/en>

<sup>2</sup> Кодекс дает операторам электросвязи законные права на установку, обслуживание, регулировку, ремонт и модернизацию своих устройств на государственной и частной земле. Чтобы воспользоваться этими правами, поставщик услуг электросвязи должен подать заявку и получить признание британского регуляторного органа Ofcom.

Многие из этих местных правил и положений препятствуют быстрому и экономически эффективному развертыванию малых сот в центральной части города, где услуги 5G, как ожидается, будут наиболее востребованы. Директивные органы, предлагающие упорядоченные и гибкие процедуры регулирования, в наибольшей степени выиграют от инноваций и экономического роста, которые принесет технология 5G.

#### Вставка 7: Отношение отрасли к препятствиям на пути развертывания малых сот

Поставщики услуг электросвязи, такие как Crown Castle, AT&T, Sprint, T-Mobile и Verizon, единодушно сообщили, что встретились с серьезными регуляторными препятствиями со стороны местных властей. К таким препятствиям относятся чрезмерные сборы, запрет на размещение малых сот, необоснованные эстетические ограничения и длительная процедура выдачи разрешений. Crown Castle отмечает, что весь процесс развертывания малых сот обычно занимает у него от 18 до 24 месяцев, в основном из-за необходимости получения разрешения местных органов власти на установку устройств.

Источник: <https://goo.gl/6UaKJ4>

В Азии малые соты еще не получили широкого распространения, хотя в Японии и Республике Корея операторы беспроводной связи уплотнили свои сети, используя макросоты C-RAN. В этих странах развертывание C-RAN стало возможным благодаря широкой доступности волоконных транзитных линий, что нехарактерно для других рынков.

## 4.2 Волоконные транзитные линии

Развертывание транзитных волоконно-оптических сетей для малых сот, обслуживающих поддержку высоких скоростей передачи данных и короткой задержки, представляет собой одну из основных проблем, с которыми будут сталкиваться операторы ввиду дефицита таких сетей во многих городах.

Например, в Соединенном Королевстве один из самых низких в Европе показателей проникновения волоконных линий – всего 2 процента. Тогда как среднеевропейский показатель составляет около 9 процентов<sup>3</sup>. Чтобы стимулировать инвестиции в волоконно-оптические сети, правительство Соединенного Королевства ввело пятилетний период освобождения от местного налога на новую инфраструктуру волоконных сетей<sup>4</sup>.

В тех случаях, когда развертывание волоконно-оптической сети экономически нецелесообразно, операторам следует рассмотреть возможность использования технологий беспроводной транзитной сети. В этих случаях в дополнение к оптоволокну можно использовать целый ряд беспроводных технологий, включая RMP, mmWave и спутниковую связь.

**Основной вывод: чтобы способствовать развертыванию сетей 5G, директивные органы могут рассмотреть вопрос об облегчении налогового бремени для снижения инвестиционных затрат, связанных с созданием волоконно-оптических линий.**

Ряд других проблем, с которыми сталкиваются операторы, описаны во вставке 8.

<sup>3</sup> <https://www.ispreview.co.uk/index.php/2017/02/uk-shunned-2017-ftth-ultrafast-broadband-country-ranking.html>

<sup>4</sup> Недавно британское агентство по оценке имущества провело переоценку налоговых ставок, что, вероятно, приведет к повышению налога, уплачиваемого операторами волоконно-оптических сетей. Высокие ставки налога могут негативно повлиять на бизнес-модель внедрения волоконных систем связи для развертывания малых сот.

**Вставка 8: Препятствия для развертывания волоконно-оптических сетей**

- **Отказ в разрешении на планирование.** Результатом отсутствия на раннем этапе взаимодействия между операторами и местными органами власти может стать отказ в разрешении на планирование. Политика местных органов власти в отношении размещения и эстетики уличных шкафов также может повысить затраты и увеличить задержки, связанные с поиском альтернативных решений.
- **Сложный процесс получения права прохода.** Договор о праве прохода позволяет операторам устанавливать объекты инфраструктуры электросвязи на общественной или частной земле. Землевладельцы, прибегающие к процедуре закупок для предоставления права на использование территории, увеличивают риск, время и расходы, связанные с этой процедурой. Кроме того, получение индивидуального права прохода – дорогостоящее дело. Местные органы власти, использующие выдачу таких прав для получения дохода, создают дополнительное препятствие для инвестиций.

Источник: Intelligens Consulting, 2018

**Основной вывод: местные органы власти могут рассмотреть возможность согласования типовых договоров о предоставлении права прохода для снижения стоимости и времени развертывания оптоволоконных сетей.**

### 4.3 Спектр

Для определения и распределения согласованного на общемировом уровне частотного спектра требуется координация усилий мирового сообщества, региональных организаций электросвязи и НРО. Для НРО это представляет одну из самых серьезных проблем на пути успешного развертывания сетей 5G. Согласованное распределение имеет много преимуществ, поскольку минимизирует радиопомехи вдоль границ, облегчает международный роуминг и снижает стоимость оборудования. Такая общая координация является основной задачей МСЭ-Р в ходе проведения Всемирных конференций радиосвязи (ВКР).

Что касается ВКР-19, то этот процесс в настоящее время находится на стадии достижения консенсуса относительно определения и распределения для ИМТ крупных смежных блоков согласованного на общемировом уровне спектра радиочастот выше 24 ГГц, где имеются в наличии широкие полосы пропускания. Решения ВКР-19 по этой теме будут основаны на результатах обширных исследований МСЭ-Р о совместном использовании частот и совместимости подвижных служб с традиционными службами в этих и в соседних полосах частот.

Для первоначального развертывания сетей 5G ряд НРО в развитых странах рассматривают возможность использования полос 700 МГц, 3,4 ГГц и 24 ГГц как способных удовлетворить требования к покрытию и пропускной способности таких сетей.

Следует также рассмотреть вопрос о более эффективном совместном использовании имеющегося спектра. Традиционно НРО выделяют спектр операторам подвижной связи на исключительной основе. Однако ввиду растущей потребности в частотах одним из способов повышения эффективности использования имеющегося спектра может быть его совместное использование.

**Основной вывод: для максимально эффективного использования имеющегося спектра директивным органам следует рассмотреть возможность использования спектра, согласованного на общемировом уровне.**

Кроме того, необходимо рассмотреть модели лицензирования и использования спектра для сетей 5G, особенно в диапазоне частот выше 24 ГГц. Традиционно спектр частот для подвижной связи, разделенный на узкие полосы (5 МГц, 10 МГц, 20 МГц и т. д.), находится в дефиците и, следовательно, может вызвать повышение аукционной цены. Спектр в диапазоне выше 24 ГГц более доступен, так что проблема его дефицита стоит не столь остро. Это окажет воздействие на бизнес-модели и аукционы спектра. НРО следует определить, какие модели лицензирования они будут использовать (см. также подраздел 5.7).

МСЭ публикует примеры подхода разных стран к совместному использованию спектра: например, в Отчете МСЭ по ВКРЭ-14, Резолюции 9.

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть план действий в отношении спектра, поддерживающий модели исключительного, совместного и безлицензионного использования с предсказуемым процессом внесения изменений. Следует избегать завышенных цен на спектр 5G, предпочитая процедуры, способствующие привлечению инвестиций при присвоении спектра.**

#### 4.4 Другие факторы

- **Доступность устройств.** Наличие устройств, совместимых со стандартами 5G и спектром, имеет исключительно важное значение для создания спроса на услуги 5G на начальном этапе. В настоящее время производители разрабатывают технологию встроенной поддержки сетей 5G, 4G, 3G и 2G в одном чипе, которая, как ожидается, начнет применяться в 2019 году, а после 2020 года станет стандартом, согласованным на общемировом уровне.
- **Координирование отраслевых вертикалей.** Индустрия электросвязи представляет собой хорошо отлаженную и формализованную экосистему, охватывающую производителей устройств и микросхем, поставщиков оборудования и операторов розничных и оптовых услуг. Поэтому сотрудничество в рамках этой экосистемы при разработке новых стандартов и услуг налаживается относительно легко.
- **Сетевой нейтралитет.** Европейский регуляторный орган в области электросвязи BEREC опубликовал окончательный вариант руководящих принципов по укреплению сетевого нейтралитета, которые требуют от поставщиков услуг интернета относиться ко всему веб-трафику одинаково, не отдавая предпочтение тем или иным службам. Тем не менее 17 операторов сетей подвижной связи, включая Deutsche Telekom, Nokia, Orange, Vodafone и BT, активно лоббируют принятие BEREC менее строгого варианта правил, объясняя это тем, что они "ведут к значительной неопределенности в отношении окупаемости инвестиций в 5G". Эти операторы заявляют, что они *не* станут внедрять высокоскоростные сети 5G до тех пор, пока BEREC не примет более мягкий подход к сетевому нейтралитету<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> "Манифест о своевременном развертывании сетей 5G в Европе", ряд предприятий отрасли, июль 2016 года: <http://telecoms.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2016/07/5GManifestofortimelydeploymentof5GinEurope.pdf>

## 5 Что такое "хорошо"?

Этот раздел посвящен урокам, которые можно извлечь из опыта поставщиков услуг беспроводной связи, НРО и органов власти по преодолению трудностей, с которыми они сталкиваются при развертывании сетей 5G во всем мире.

### 5.1 Оптимизация процесса развертывания малых сот

В штатах Иллинойс, Вашингтон, Флорида и Калифорния внесены законопроекты по упрощению развертывания аппаратуры малых сот на уличном оборудовании. Эти законопроекты ограничивают устанавливаемые местными органами власти сборы, а некоторые идут еще дальше, запрещая заключать эксклюзивные соглашения с поставщиками услуг радиосвязи.

**Основной вывод: федеральным органам власти и властям штатов следует работать с местными муниципальными властями в целях установления разумной платы за развертывание радиоаппаратуры малых сот на уличном оборудовании.**

#### Вставка 9: Упрощение развертывания малых сот

В сентябре 2017 года в штате Калифорния был принят закон об упрощении развертывания малых сот, позволяющий развертывать и использовать их без дискреционного разрешения местных органов власти и соблюдения обязательных критериев. Новый закон стандартизирует процесс развертывания малых сот по всему штату. Кроме того, он:

- предоставляет поставщикам услуг недискриминационный доступ к общественной собственности;
- позволяет местным органам власти взимать справедливую, разумную, основанную на затратах недискриминационную плату за лицензию;
- ограничивает взимаемые местными органами власти сборы за установку оборудования суммой 250 долл. США;
- запрещает местным органам власти устанавливать необоснованный предел срока действия лицензии на оборудование электросвязи.

Аналогичный подход был предложен в законопроекте штата Флорида, который требует от властей принимать заявки на размещение оборудования малых сот на фонарных столбах на недискриминационной основе и утверждать эти заявки в установленные сроки. В законопроекте также предлагается запретить властям заключать какие-либо эксклюзивные соглашения, дающие поставщикам услуг право на установку оборудования на принадлежащих властям столбах освещения. Кроме того, в законопроекте указывается, что власти не могут взимать более 15 долл. США в год за использование одного столба освещения.

Предложенный в штате Вашингтон законопроект предусматривает санкционирование установки оборудования малых сот на объекты общего пользования и ограничение сборов суммой 500 долл. США в год. Согласно законопроекту штата Иллинойс местные органы власти не вправе запрещать операторам установку радиооборудования малых сот, ограничивать ее или взимать за это плату.

Источники: California SB-649, 2017; Florida SB-596, 2017; Washington SB-5711, 2017; Illinois SB-1451, 2017

**Основной вывод: местные органы власти могут рассмотреть вопрос об облегчении доступа к принадлежащему государству уличному оборудованию и упрощении процедур согласования в качестве альтернативы длительным процедурам закупок.**

## 5.2 Политическое вмешательство – оптоволокну и спектр

По мнению Совета FTTH, ведущие экономики, такие как Соединенное Королевство, характеризуются низким уровнем проникновения оптоволокну вследствие недостаточного инвестирования в чисто волоконно-оптические сети. Во вставке 10 описаны меры, принимаемые властями Соединенного Королевства для повышения уровня проникновения волоконно-оптических сетей в преддверии развертывания сетей 5G.

### Вставка 10: Инвестиции в волоконно-оптические сети в Соединенном Королевстве

В 2016 году правительство страны объявило о создании инвестиционного фонда в размере 740 млн. фунтов стерлингов для инвестирования в полностью волоконно-оптические локальные сети в целях поддержки развития сетей 5G. В настоящее время средства этого фонда распределяются посредством тендеров среди местных органов власти по всей территории Соединенного Королевства.

Источники: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Germany, 2017; “a 5G Strategy for Germany”, Federal Government of Germany, 2017; Department of Culture Media and Sport, Government of United Kingdom, 2016

Правительство Австралии определило четкую стратегическую повестку дня в области сетей 5G в целях ускорения процесса развертывания цифровой инфраструктуры и обеспечения доступности спектра 5G (см. вставку 11).

### Вставка 11: Рабочая группа 5G, Австралия

Правительство Австралии разрабатывает документ о направлениях развития 5G, в котором излагается политический подход Австралии в отношении сетей 5G, включая создание рабочей группы 5G для содействия текущему диалогу с представителями отрасли. В документе освещаются меры, направленные на своевременное обеспечение доступности спектра и упрощение механизмов, позволяющих поставщикам услуг радиосвязи быстрее и дешевле развертывать цифровую инфраструктуру.

Источник: “5G-Enabling the Future Economy”, Department of Communications and the Arts, Australia, 2017

**Основной вывод: в тех случаях, когда рыночные механизмы не работают, правительство может рассмотреть возможность стимулирования инвестиций в волоконно-оптические сети и пассивные материальные активы путем создания государственно-частных партнерств, инвестиционных фондов, выделения грантов и т. п.**

## 5.3 Совместное использование инфраструктуры

Даже в тех случаях, когда волоконно-оптическая сеть является методом транзитной передачи, она может оказаться коммерчески непривлекательной. Умеренные уровни совместного и повторного использования каналов могут обеспечить значительную экономию средств при развитии волоконно-оптических сетей. Политика регулирования, способствующая совместному и повторному использованию инфраструктуры, хотя она может быть сложной для реализации, способна значительно снизить затраты на развертывание сетей 5G (см. вставку 12).

**Вставка 12: Обязательное совместное использование**

- В ноябре 2017 года в Нидерландах был принят закон, призванный ускорить развертывание услуг широкополосной связи. Он предписывает всем владельцам/администраторам сетей и соответствующей инфраструктуры удовлетворять разумные запросы на совместный доступ и/или скоординированное развертывание сети, а также предоставлять информацию о своей инфраструктуре.
- Министерство коммуникаций и информационных технологий Индонезии работает над новыми правилами, которые будут способствовать совместному использованию пассивной инфраструктуры, такой как линии связи, столбы, башни, шкафы и т. п.
- Британский регуляторный орган Ofcom проводит консультации с участниками рынка с целью обязать компанию BT, традиционного оператора и крупного участника рынка, предоставить конкурирующим операторам доступ к своим волоконно-оптическим каналам. Предыдущие попытки принудительного предоставления доступа к "темному волокну" не увенчались успехом.
- В Италии закон о сверхбыстрой широкополосной связи предоставил компании TIM и UTILITALIA (федерация компаний по электро-, газо- и водоснабжению и защите окружающей среды) право подписать меморандум о взаимопонимании, позволяющий использовать уже существующую инфраструктуру, принадлежащую более 500 местным операторам коммунальных услуг, для развертывания волоконно-оптических сетей.

Источники: <https://goo.gl/kqYCRM> (Нидерланды); <https://goo.gl/vWq7aD> (Индонезия); <https://goo.gl/vdFxz9> (Ofcom, Соединенное Королевство); <https://goo.gl/m24g32> (Италия)

Исследование, проведенное Vodafone, указывает на то, что режим доступа к каналу, обычно используемый НРО во Франции, Испании и Португалии, обеспечивает минимум бюрократических препон и максимальную прозрачность для всех сторон. Напротив, когда доступ к инфраструктуре SMP требует санкционирования, как в Соединенном Королевстве и Германии, многие из этих подробно разработанных положений отсутствуют<sup>1</sup>.

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть вопрос о распространении на сети 5G режима доступа к каналам, что поможет снизить инвестиционные затраты на создание транзитных сетей 5G.**

Большинство НРО отдают предпочтение коммерческим соглашениям о совместном использовании сетей, и похоже, что они вызывают значительный интерес у участников рынка. Это может ускорить и удешевить развертывание сетей 5G там, где совместный доступ к сети используется в отношении как инфраструктуры подвижной связи, так и волоконно-оптической сети (см. вставку 13).

<sup>1</sup> "Best practice for passive infrastructure access", WIK-Consult, 2017: <https://www.vodafone.com/content/dam/vodafone-images/public-policy/reports/pdf/best-practice-passive-infrastructure-access-050517.pdf>

### Вставка 13: Совместное использование сети на коммерческой основе

- В Испании оператор связи MASMOVIL преодолел порог численности абонентов в 10 млн. домохозяйств благодаря волоконно-оптической сети, которую он использует совместно с Orange Espana на основании договора о совместном использовании сети.
- В Португалии компания Vodafone и оператор NOS подписали соглашение о развертывании и совместном использовании волоконно-оптической сети, услуги которой будут предлагаться примерно 2,6 млн. домохозяйств и предприятий. Обе компании обеспечивают друг другу доступ к своим сетям на согласованных коммерческих условиях.
- Новозеландский поставщик оптовых сетевых услуг Chorus призывает правительство начать разработку планов по созданию единой сети подвижной связи 5G, которую смогут совместно использовать все поставщики услуг. Это более рациональный подход, чем создание отдельной сети 5G каждым из трех операторов сетей подвижной связи страны.
- Компания Vodafone Cameroun недавно подписала с компанией CamTel "стратегическое соглашение о совместном использовании национальной сети", позволяющее Vodafone использовать существующую сетевую инфраструктуру CamTel в Дуале и Яунде и распространить ее покрытие на новые районы по всей стране.
- Датские компании Telenor Denmark и Telia Denmark подписали с Nokia договор о предоставлении услуг в целях управления своими совместно используемыми сетями подвижной связи, эксплуатируемыми одной инфраструктурной компанией (TT-Netvaerket).
- Компания Econet Wireless (Зимбабве) заявила, что она открыта для совместного использования инфраструктуры в рамках справедливого эквивалентного обмена инфраструктурой.

Источники: <https://goo.gl/u2fojb> (Испания); <https://goo.gl/bT9hZ4> (Португалия); <https://goo.gl/vh4LGP> (Новая Зеландия); <https://goo.gl/AAbapS> (Камерун); <https://goo.gl/JmuSnJ> (Дания); <https://goo.gl/iSb4sq> (Зимбабве)

За последние несколько лет увеличилось число независимых оптовых поставщиков услуг инфраструктуры, привлекаемых к предоставлению услуг сетей малых сот, что понизило затраты на их развертывание, стимулировало конкуренцию на розничном рынке и расширило покрытие обслуживанием. Например, в период с 2015 по 2016 год доходы оптового поставщика услуг радиосвязи Crown Castle (США) от сетей с малыми сотами выросли более чем на 40 процентов<sup>2</sup> благодаря стремлению операторов сетей подвижной связи уплотнить их в рамках подготовки к развертыванию 5G.

## 5.4 Переход на волокно

В настоящее время низкие оптовые цены доступа по меднокабельным линиям выгодны по сравнению с ценами на услуги волоконно-оптических сетей, что отрицательно сказывается на темпах внедрения волокна. Не удастся достичь консенсуса относительно наиболее подходящего подхода к ценообразованию при переходе с медного кабеля на волокно. НРО следует рассмотреть вопрос о предоставлении традиционным операторам возможности *выводить из эксплуатации услуги доступа по меднокабельным линиям*, как только они начинают предлагать услуги доступа по оптоволокну, во избежание подрыва коммерческого успеха более дорогостоящих услуг на основе оптоволокну (см. вставку 14).

<sup>2</sup> <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2017/02/07/tower-talk-a-guide-to-the-latest-major-cell-site-developments/index.html>

**Вставка 14: Переход на оптоволокно**

- Правительство Австралии назначило 2020 год предельным сроком, когда все помещения должны быть переведены с медного кабеля на оптоволокно. В 2014 году компания Telstra (Австралия) начала отключать услуги, предоставляемые по медному кабелю. Финансируемой правительством инициативой NBNCo, которая способствовала развертыванию оптовой торговли услугами волоконно-оптической связи по всей Австралии, предусмотрено отключение меднокабельных линий в тех областях, где ею уже предоставляются услуги по оптоволокну.
- Компания Verizon (США) запросила у регуляторного органа разрешение на перевод с 2018 года своей меднокабельной сети на отдельных рынках. Verizon предоставляет услуги через свою волоконную инфраструктуру и намерена прекратить обслуживание своего меднокабельного оборудования в штатах Вирджиния, Нью-Йорк, Нью-Джерси, Пенсильвания, Род-Айленд, Массачусетс, Мэриленд и Делавэр.
- Ирландский регуляторный орган в области электросвязи ComReg начал консультации о возможности перехода традиционного оператора Eir с медного кабеля на оптоволокно в некоторых частях страны, в частности в районах с широким покрытием оптоволоком.
- Компания Singtel (Сингапур) объявила о планах прекратить в апреле 2018 года работу своей сети ADSL на основе медного кабеля, с тем чтобы ускорить внедрение услуг на основе оптоволокну для своих клиентов – предприятий и физических лиц в этом городе.
- Компания Chorus (Новая Зеландия) намерена получить от регуляторного органа разрешение на отказ от своей меднокабельной сети в соответствии с планами по дерегулированию с 2020 года меднокабельных сетей там, где они конкурируют с сетями доступа по оптоволокну.

Источники: <https://goo.gl/2YVKsd> (Австралия); <https://goo.gl/VCyфap> (США); <https://goo.gl/X3EeKa> (Ирландия); <https://goo.gl/mRku1C> (Сингапур); <https://goo.gl/n6kqVb> (Новая Зеландия)

**Основной вывод: НРО могут рассмотреть возможность использования политических и финансовых стимулов для поощрения перехода с меди на волокно и стимулирования развертывания и внедрения услуг на основ оптоволокну.**

## 5.5 Решение проблем местного планирования

Операторы нередко отмечают, что было бы полезно иметь центральную базу данных, содержащую сведения обо всех доступных объектах инфраструктуры и коммунальных услуг, таких как существующие туннели с коммуникациями, волоконно-оптические сети, столбы с камерами охранного видеонаблюдения, фонарные столбы и т. д., принадлежащие местным органам власти или коммунальным службам. В такой базе данных следует также указывать основные контактные данные и процедуры получения доступа к этим объектам. Такие базы данных уже существуют в Португалии и Испании, а возможно, и в других странах.

**Основной вывод: местные органы власти могут рассмотреть возможность создания центральной базы данных с ключевой контактной информацией по таким объектам коммунальных служб, как туннели с коммуникациями, волоконно-оптические сети, столбы с камерами охранного видеонаблюдения, фонарные столбы и т. д., чтобы помочь операторам более точно оценивать и планировать процесс развертывания своей инфраструктуры.**

Стандартизированные договоры о предоставлении права прохода, заключаемые между местными органами власти, подобные разработанным корпорацией City of London (см. вставку 15), могут значительно снизить затраты и сократить сроки внедрения волоконно-оптических сетей.

#### Вставка 15: Стандартизированные договоры о праве прохода корпорации City of London

В 2015 году корпорация City of London признала, что основной причиной недостаточных инвестиций в оптоволокно является сложный процесс предоставления права прохода. Корпорация разработала стандартизированный комплект материалов по предоставлению права прохода, способствующий повышению эффективности и экономичности создания волоконно-оптической инфраструктуры. В настоящее время этот комплект материалов доступен всем местным органам власти Лондона.

Источник: <http://news.cityoflondon.gov.uk/standardised-toolkit-helps-london-businesses-get-faster-access-to-broadband/>

Местным органам власти также следует стандартизировать процедуры предоставления операторам соответствующих разрешений на проведение уличных работ по укладке волоконных кабелей и установке аппаратуры малых сот на уличном оборудовании (вставка 16). Хорошей практикой также является проведение консультаций с участниками рынка для определения потенциальных проблем, возникающих в процессе развертывания, и их решения<sup>3</sup>.

**Основной вывод: местные органы власти могут рассмотреть возможность проведения консультаций с участниками рынка или мягкого тестирования рынка для определения наилучших способов развертывания сетей 5G до начала официальных процедур закупок.**

#### Вставка 16: Эффективные процедуры планирования

В 2015 году управление по выдаче разрешений города Сентенниал (штат Колорадо, США) получило полномочия требовать совместного размещения подземных сооружений при подаче операторами связи заявок на получение основного права прохода. Политика в области предоставления прав прохода позволила городу координировать инвестиции, экономя время и средства.

В штате Кентукки (США) выпущено руководство по планированию волоконно-оптической инфраструктуры для сообществ и коммунальных служб. В руководство вошли рекомендации по оптимизации требований к обследованию, подачи заявок на получение разрешения и разработки соглашений о размещении оборудования на столбах.

Источники: Сентенниал (штат Колорадо), 2015 год; <https://goo.gl/FswzSv> (штат Кентукки)

## 5.6 Согласование спектра

Первоначальные приложения 5G ориентированы на полосы частот выше 24 ГГц и ниже 6 ГГц (см. вставку 17). НРО должны скоординировать свои предложения в миллиметровых диапазонах, с тем чтобы максимально использовать возможности согласования спектра на общемировом уровне.

Например, в рамках подготовки позиции Европы к ВКР-19 в декабре 2017 года министры стран ЕС согласовали план развертывания технологии 5G по всей Европе. Этот план обеспечит консенсус в отношении согласования диапазонов спектра 5G и способов их распределения между европейскими операторами.

<sup>3</sup> [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100402171309/http://www.ogc.gov.uk/documents/Early\\_Market\\_Engagement\\_Guidance.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100402171309/http://www.ogc.gov.uk/documents/Early_Market_Engagement_Guidance.pdf)

**Вставка 17: Предложения некоторых НРО по спектру 5G**

- **Ofcom, Соединенное Королевство**, тесно сотрудничая с европейскими НРО, предложил использовать для сетей 5G спектр в диапазонах частот 700 МГц, 3,4 ГГц и 24 ГГц. Ofcom также предложил заменить режим авторизации в диапазоне частот 64–66 ГГц нелицензируемым и расширить варианты использования полосы частот 57–66 ГГц.
- **ФСС, США**, выделила почти 11 ГГц спектра для гибкого использования в сфере широкополосной беспроводной связи – 3,85 ГГц лицензируемого спектра в диапазонах 28 ГГц, 37 ГГц и 39 ГГц.
- **МИИТ, Китай**, планирует выделить для сетей 5G спектр 5G mmWave в диапазонах 24–27 ГГц и 37–42 ГГц в дополнение к диапазонам 3,3–36 ГГц и 4,8–5 ГГц.
- **КСС, Республика Корея**, начнет продавать на аукционе спектр для сетей 5G в диапазонах 3,5 ГГц и 28 ГГц.
- **АСМА, Австралия**, объявила о планах проведения аукциона по продаже многополосного спектра, который должен состояться до конца 2017 года и включать лоты с диапазонами 1800 МГц, 2 ГГц, 2,3 ГГц и 3,4 ГГц.

**Следует отметить, что ВКР-15 исключила полосу частот 28 ГГц из исследования, посвященному международному согласованию миллиметровых диапазонов для ИМТ в срок до ВКР-19.**

Источники: <https://goo.gl/kpPnTy> (Соединенное Королевство); <https://goo.gl/Mc5wZx> (США); <https://goo.gl/bdusHx> (Китай); <https://goo.gl/pGz5jG> (Южная Корея); <https://goo.gl/1aK5LY> (Австралия)

## 5.7 Лицензирование спектра

Проектирование процедур отбора и условий, связанных с лицензиями 5G, может существенно повлиять на структуру рынков услуг подвижной связи, усиливая конкуренцию или ограничивая ее.

Традиционно НРО выдавали операторам подвижной связи лицензии на использование спектра, предоставляя им исключительные права на предоставление услуг голосовой связи или передачи данных. В некоторых случаях лицензия может предоставляться с определенными условиями по охвату населения и сроку действия. Лицензируемый спектр позволяет операторам подвижной связи с уверенностью планировать инфраструктуру подвижной связи и инвестировать в нее и должен включать условия, гарантирующие эффективное использование выделенного спектра, особенно в сельских районах.

Лицензируемый спектр с совместным доступом к нему может повысить эффективность использования спектра в сельских районах. Например, предоставление спектра некоторым вторичным пользователям в таких районах не будет мешать радиосигналам основного владельца лицензии.

К имеющимся примерам совместного использования спектра относятся авиационная телеметрия, радиовещание и беспроводные видеокамеры. Эта модель совместного лицензирования вполне способна придать экосистеме 5G достаточную гибкость для обеспечения эффективного использования спектра, который в настоящее время в недостаточной степени используется другими службами, и повышения пропускной способности при меньших затратах.

После проведения исследования МСЭ-R утвердил регуляторные инструменты для обеспечения расширенного совместного использования спектра<sup>4</sup>, а также принципы, проблемы и вопросы управления использованием спектра, связанные с динамическим доступом к частотным диапазонам посредством радиосистем, использующих когнитивные технологии<sup>5</sup>.

Аукционы по продаже спектра традиционно предоставляли эксклюзивные права на использование спектра операторам беспроводной связи, предложившим самую высокую плату. Директивные органы

<sup>4</sup> См. Отчет МСЭ-R SM.2404: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2404>

<sup>5</sup> См. Отчет МСЭ-R SM.2405: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2405>

рассматривают аукционы в основном как средство получения значительных доходов. Однако аукционы могут быть контрпродуктивными в том плане, что они сокращают инвестиции в инфраструктуру, снижая экономический эффект<sup>6</sup>. По мере того как инвестиции в сети 5G становятся все более важными для развития цифровой экономики, НРО будет необходимо выбирать процедуры выделения спектра, способствующие инвестициям в инфраструктуру и максимизирующие экономический эффект.

Нелицензируемый спектр позволяет НРО давать разрешение на доступ к спектру, но этот механизм приводит к неопределенности в отношении судьбы инвестиций, что связано с обязательством эксплуатации без причинения помех и при отсутствии защиты. К тому же контроль за помехами может быть затруднен или даже невозможен. По этой причине режим без лицензирования спектра более подходит для высокочастотных диапазонов, таких как диапазон mmWave с более слабыми характеристиками распространения, и для маломощного оборудования, что позволяет соблюдать строгие ограничения со стороны первичных служб, а также для более локализованных применений. Ввиду этих факторов НРО могут рассматривать использование нелицензируемого спектра, например, при развертывании малых сот.

Ассоциация GSM считает, что лицензируемый спектр важен для гарантирования высококачественных услуг 5G, а нелицензируемый может играть дополнительную роль, повышая качество обслуживания пользователей<sup>7</sup>.

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть вопрос об использовании лицензируемого, нелицензируемого и совместно используемого спектра для создания сбалансированной экосистемы спектра, которая способствует инвестициям, эффективному использованию спектра и конкуренции.**

## 5.8 Пилотные проекты в области 5G

Директивные органы и НРО поощряют проведение на ранних этапах пилотных технологических проектов, направленных на содействие первоначальным инвестициям в сети и инфраструктуру 5G и более глубокому пониманию технологий 5G (см. вставку 18).

### Вставка 18: Возглавляемые государством инициативы в области 5G

- На зимних Олимпийских играх 2018 года правительство Республики Корея развернуло с помощью NISA экспериментальные сети 5G, обеспечившие футуристические функциональные возможности, такие как навигация на основе дополненной реальности.
- В Соединенном Королевстве консорциум во главе с Уорикским университетом получил государственный грант в размере 17,6 млн. фунтов стерлингов на разработку центрального испытательного полигона для подключенных автономных транспортных средств (CAV). CAV будут испытываться на маршруте, проходящем через Ковентри и Бирмингем, вдоль которого будут развернуты малые соты.
- FCC (США) принимает заявки от научно-исследовательских институтов на экспериментальные лицензии на нераспределенные радиочастоты, чтобы способствовать инновациям и исследованиям посредством проведения экспериментов в определенных географических областях.

<sup>6</sup> Дополнительная информация по экономическим аспектам управления использованием спектра содержится в Отчете МСЭ-R SM.2012: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2012>

<sup>7</sup> "5G Spectrum Public Policy Position", GSMA, 2016: <https://www.gsma.com/iot/iot-knowledgebase/gsma-public-policy-position-5g-spectrum/>

**Вставка 18: Возглавляемые государством инициативы с области 5G (продолжение)**

- Рабочая программа ЕС Horizon 2020 (2018–2020 годы), охватывающая страны ЕС, Китай, Тайвань (Китай) и США, поощряет инновации в области 5G. В число мероприятий входят сквозное тестирование подключенных к трансграничной сети автоматизированных транспортных средств, а также испытания технологии 5G в нескольких вертикальных отраслях.
- Объединенный союз исследовательских учреждений электросвязи в рамках Открытой лаборатории ЕС и Бразилии (FUTEBOL) проводит исследование, способствующее созданию экспериментальных систем электросвязи в Бразилии и Европе. FUTEBOL также продемонстрирует примеры практического применения IoT, гетерогенных сетей и C-RAN.
- Министерство связи Российской Федерации заключило соглашение с "Ростелекомом" и "Таттелекомом" о создании экспериментальной зоны 5G в городе высоких технологий Иннополисе.

Источник: <https://goo.gl/JWFBCY> (Республика Корея); <https://goo.gl/FnLZCd> (Соединенное Королевство); <https://goo.gl/wNVZqs> (США); <https://goo.gl/iXkYQO> (Европа); <https://goo.gl/VNeDwn> (ЕС–Бразилия); <https://goo.gl/4DySs2> (Россия)

Кроме того, сектор электросвязи, включая операторов, поставщиков и научно-исследовательские институты, участвует в испытаниях 5G независимо от НРО и государства (см. вставку 19).

**Вставка 19: Коммерческие испытания 5G**

- Компания Telstra (Австралия) работает вместе с Ericsson над ключевыми технологиями 5G, включая массивы MIMO, формирование луча, отслеживание лучей и формирование сигналов. Во время первого испытания технологии 5G в Австралии Telstra и Ericsson достигли скоростей загрузки от 18 Гбит/с до 22 Гбит/с. Компания Optus также завершила совместное с Huawei испытание сети 5G, достигнув самой высокой на сегодняшний день скорости в Австралии 35 Гбит/с.
- Итальянский оператор подвижной связи Wind Tre, оптовый оператор волоконно-оптической сети Open Fiber и китайский производитель оборудования ZTE объявили об учреждении партнерства с целью создать, как они утверждают, первую в Европе докоммерческую сеть 5G, работающую в диапазоне 3,6–3,8 ГГц. В сотрудничестве с местными университетами, исследовательскими центрами и предприятиями они будут также проводить испытания и проверки технических характеристик сети 5G, сетевой архитектуры, интеграции сетей 4G и 5G и будущих вариантов использования сети 5G, включая дополненную или виртуальную реальность, "умный" город, общественную безопасность и здравоохранение на основе 5G. Пилотный проект продлится до декабря 2021 года.
- Во время чемпионата мира по футболу 2018 года в России в рамках проекта, возглавляемого компанией "МегаФон", на стадионе "Казань Арена" и вокруг него была развернута экспериментальная сеть 5G. "Ростелеком" также сотрудничает с Nokia в области создания пилотной беспроводной сети 5G в московском бизнес-парке для тестирования различных сценариев применения технологии 5G.
- Компания Verizon (США) объявила о планировании проведения испытаний 5G в нескольких городах США. Развертывание будет основано на беспроводной транзитной передаче, а не на передаче по оптоволокну. AT&T также сообщила о своем намерении приступить к испытаниям сети 5G для заказчика услуг фиксированной беспроводной связи, опираясь на свои недавние испытания в Остине, где были достигнуты скорости передачи данных 1 Гбит/с и задержка 10 мс. Испытания будут проводиться с использованием оборудования Ericsson, Samsung, Nokia и Intel.

#### Вставка 19: Коммерческие испытания 5G (продолжение)

- Компания Comsol планирует ввести в эксплуатацию первую в Южно-Африканской Республике беспроводную сеть 5G. В ходе проводимого Comsol испытания будет проверена пропускная способность сети 5G в реальных условиях и использованы малые соты в дополнение к макрорешениям. Скорее всего, Comsol предложит услуги фиксированной беспроводной связи, конкурирующие с услугами типа "волоконная линия до жилого помещения" (FTTH).
- Компании Huawei и NTT DOCOMO достигли скорости передачи данных в нисходящем направлении 4,52 Гбит/с на расстоянии 1,2 км. К своей базовой сети 5G Huawei добавила базовую станцию 5G, поддерживающую технологии массового MIMO и формирования луча.

Источники: <https://goo.gl/cWTC31> (Австралия); <https://goo.gl/tYspR9> (Италия); <https://goo.gl/EQftwd> (Россия); <https://goo.gl/ухаоуу> (США); <https://goo.gl/Veuiaw> (ЮАР); <https://goo.gl/Teq6e2> (Япония)

**Основной вывод: директивные органы могут рассмотреть возможность поощрения пилотных проектов 5G и испытаний технологий 5G и вариантов их применения, чтобы стимулировать участие коммерческих организаций.**

## 6 Пример оценки фактических затрат и инвестиций

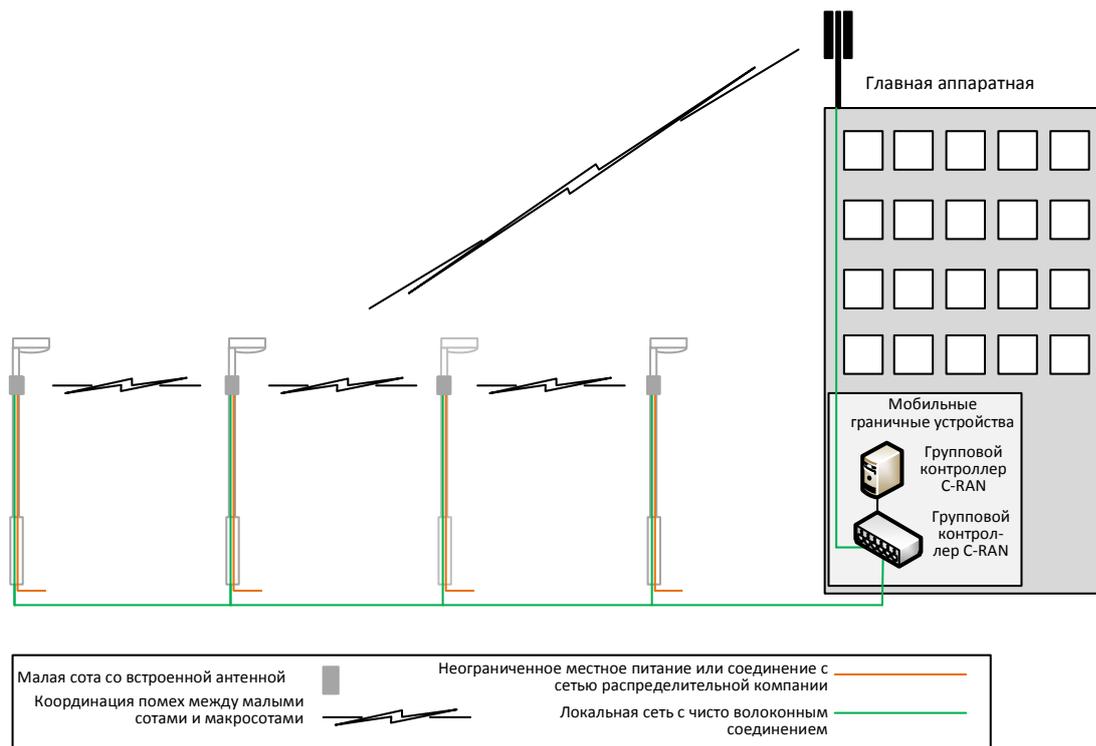
При подготовке к внедрению 5G основным направлением инвестиций операторов сетей подвижной связи, вероятно, будет развертывание малых сот в густонаселенных городских районах. В этом разделе приведен пример обобщенной модели затрат для оценки потенциальных инвестиций, которые операторам беспроводной сети необходимо произвести для развертывания сети малых сот, готовой поддерживать 5G.

### 6.1 Обзор

При подготовке к внедрению 5G операторы, вероятно, будут уделять основное внимание расширению покрытия существующих сетей 4G в городских районах путем развертывания малых сот. Это повысит имеющуюся пропускную способность сети, расширит зону покрытия на уровне улиц и в целом улучшит качество сети, как это требуется для сетей 5G. Большинство этих мероприятий будет осуществляться в густонаселенных городских центрах или городах.

В рамках этого примера предположим, что независимый оператор беспроводной связи развертывает сеть с малыми сотами для предоставления оптовых услуг операторам подвижной связи. Такой подход позволяет снизить совокупную стоимость владения (ТСО) и повысить привлекательность малых сот для операторов подвижной связи. Типичное решение на основе малых сот, которые в настоящее время развертываются в разных частях Европы и США, показано на рисунке 7. Хотя этот подход предполагает стратегию использования волоконно-оптической транзитной линии, в случае когда это экономически нецелесообразно, можно рассмотреть решение с использованием беспроводной транзитной сети.

Рисунок 7: Типичное решение нейтрального центра оптовых услуг на основе малых сот



Решение состоит из следующих элементов:

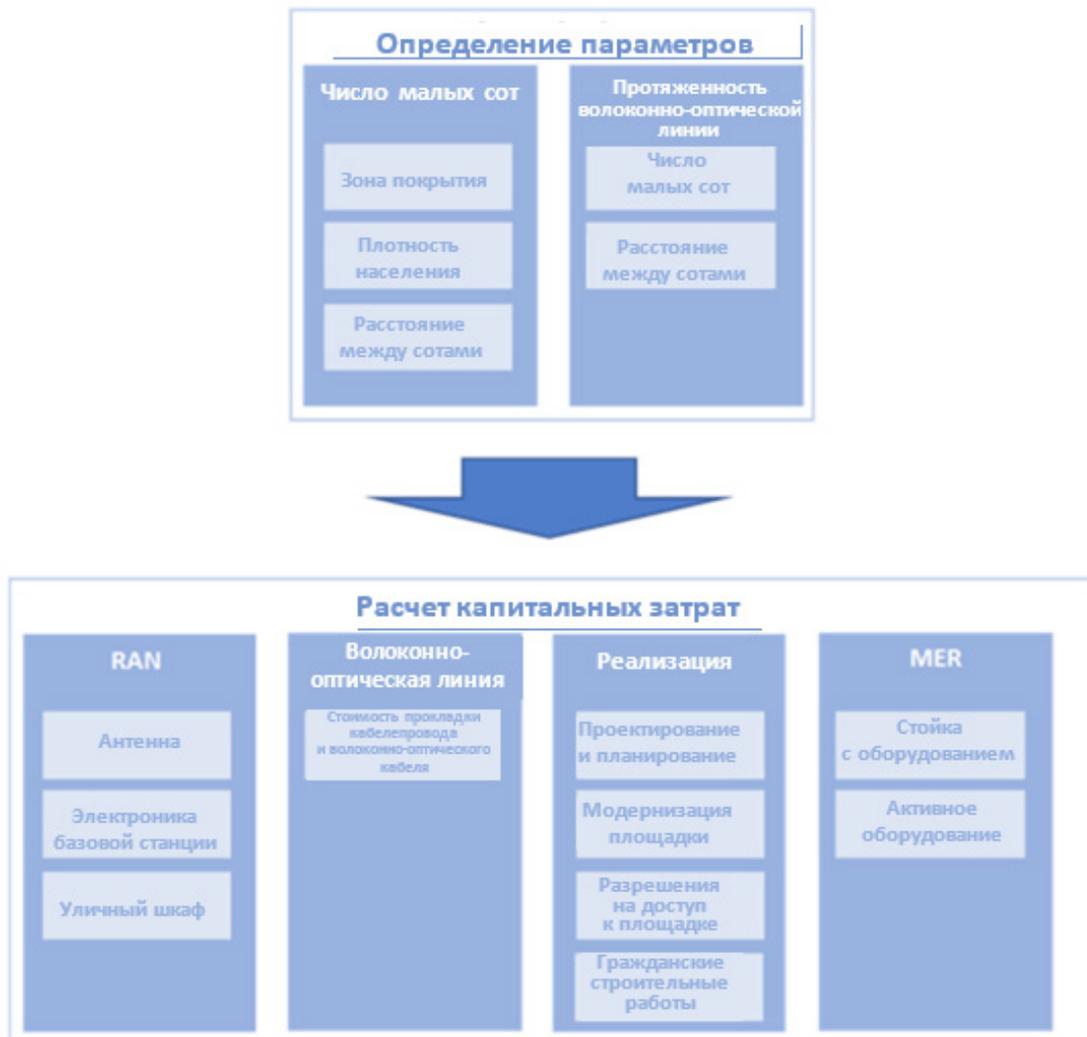
- **антенны** – компактная высокоэффективная антенная система, формирующая сигнал оператора подвижной связи, обеспечивая максимально возможную пропускную способность для обслуживания конечных пользователей;
- **уличные фонари** – антенны устанавливаются на существующих уличных фонарях для минимизации снижения эстетического качества среды;

- **уличные шкафы** – радиоаппаратура, блоки резервного батарейного питания и управляющее оборудование, совместные используемые операторами подвижной связи;
- **волоконно-оптическая сеть** – высокоскоростная волоконно-оптическая линия, соединяющая радиосеть с базовой сетью. Отметим, что в некоторых случаях более эффективным с точки зрения затрат может оказаться использование беспроводной транзитной линии;
- **главная аппаратная (MER)** – ряд локализованных основных аппаратных залов общего пользования и центральный пункт взаимодействия с транзитными сетями операторов подвижной связи.

## 6.2 Методика

Цель модели заключается в том, чтобы оценить начальные капитальные затраты на развертывание сети с малыми сотами; модель учитывает только капитальные затраты, исключая эксплуатационные расходы, такие как плата за электроэнергию, аренду и техническое обслуживание. Будучи оптовой, эта модель не учитывает стоимость радиооборудования оператора подвижной связи, поскольку оно устанавливается каждым оператором отдельно. Ввиду неопределенности в отношении стоимости спектра 5G и инвестиций в NFV/SDN эти затраты также исключаются – как и затраты на приобретение площадки, которые могут значительно варьироваться в разных городах. На рисунке 8 показано, что разработка модели затрат производится в два этапа: определение параметров и расчет капитальных затрат.

Рисунок 8: Типичное решение нейтрального центра оптовых услуг на основе малых сот



При определении параметров сети оценивается число малых сот и количество необходимого волокна; расчет производится на основе требуемой зоны покрытия, плотности населения и расстояния между

сотовыми станциями. Результаты этапа определения параметров используются для расчета общих капиталовложений, необходимых для реализации решения на основе малых сот, состоящих из расходов на RAN, волокно, главную аппаратную, реализацию и проектирование.

Модель предполагает следующие составляющие затрат:

- **RAN**, включая стоимость антенны, уличного шкафа и электроники базовой станции, такой как резервные батарейные источники питания и модули обслуживания сети;
- **расходы на реализацию**, включая затраты на проектирование и планирование, модернизацию площадки, получение разрешений и размещение уличных шкафов;
- **стоимость волоконно-оптической сети**, включая прокладку 144-волоконно-оптического кабеля и новых кабелепроводов вдоль маршрута, соединяющего используемое уличное оборудование;
- **главная аппаратная (MER)**, состоящая из одной стойки и оконечного оборудования для обеспечения взаимосвязи между операторами подвижной связи и сетью "темного волокна" при совместном размещении на площадке.

Отметим, что фактические затраты могут варьироваться в зависимости от страны, так как стоимость рабочей силы, обменные курсы валюты, расходы на оборудование и налоги в каждой стране будут разными. Модель затрат предполагает западную страну с высококонкурентным рынком, состоящим из четырех операторов подвижной связи с передовым уровнем покрытия 4G и низкой плотностью городских волоконно-оптических коммуникаций.

### 6.3 Сценарии

Вышеупомянутая методика используется в двух сценариях оценки стоимости развертывания решения на основе малых сот в центральном деловом районе: сценарий 1 соответствует большому городу с плотной застройкой, а сценарий 2 – небольшому городу с менее плотной застройкой. В обоих случаях предполагается, что в городе обеспечен высокий уровень покрытия сетями 4G, а характеристики спроса на услуги сети делают инвестиции в сеть 5G на основе малых сот коммерчески привлекательными.

#### Сценарий 1 – большой густонаселенный город

В этом сценарии приняты следующие допущения:

- предлагаемая площадь городского покрытия – 15 кв. км;
- плотность населения в зоне покрытия – 12 000 человек на кв. км;
- расстояние между станциями малых сот – 150 м.

#### Сценарий 2 – небольшой город со средней плотностью застройки

- Предлагаемая площадь городского покрытия – 3 кв. км.
- Плотность населения в зоне покрытия – 3298 человек на кв. км.
- Расстояние между станциями малых сот – 200 м.

В более крупном густонаселенном городе сеть подвижной связи испытывает более высокую нагрузку, поэтому малые соты должны быть расположены ближе друг к другу. По этой причине расстояние между станциями в сценарии 1 короче, чем в сценарии 2.

### 6.4 Результаты

На рисунках 9 и 10 показано, что капитальные затраты, необходимые для развертывания сети с малыми сотами, соединенными волоконно-оптическими линиями, могут варьироваться от 6,8 млн. долл. США для небольшого города до 55,5 млн. долл. США для большого густонаселенного города. Стоимость развертывания сети с малыми сотами на квадратный километр в густонаселенном городе выше из-за большей плотности размещения малых сот ввиду более короткого расстояния между станциями.

Рисунок 9: Капитальные затраты в сценарии 1 – большой густонаселенный город

Параметр	Значение
<b>Общая сумма капитальных затрат (млн. долл. США)</b>	<b>55,5</b>
Количество станций малых сот	1 027
Стоимость на кв. км (млн. долл. США)	3,7
<b>Капитальные затраты на станцию (тыс. долл. США)</b>	<b>54,1</b>

Рисунок 10: Капитальные затраты в сценарии 2 – небольшой город с менее плотной застройкой

Параметр	Значение
<b>Общая сумма капитальных затрат (млн. долл. США)</b>	<b>6,8</b>
Количество станций малых сот	116
Стоимость на кв. км (млн. долл. США)	2,3
Капитальные затраты на станцию (тыс. долл. США)	58,6

Общие капитальные затраты, понесенные каждым оператором, будут варьироваться в зависимости от численности и плотности населения, текущего покрытия сетями 4G и предлагаемой зоны покрытия. Кроме того, стоимость развертывания оптоволоконной сети будет ниже в тех городах, где в большом количестве имеются легкодоступные плотные волоконно-оптические сети или кабелепроводы. В тех случаях, когда беспроводная транзитная сеть экономически более эффективна, чем волоконно-оптическая, стоимость транзитных каналов будет значительно ниже. В городах с высокой плотностью существующей макросотовой сети (например, в Мадриде, где доступ к площадкам менее ограничен, чем в других городах) потребность в малых сотах будет меньше. Аналогично, операторы подвижной связи, которым присвоены широкие полосы спектра, меньше нуждаются в уплотнении своих сетей с помощью малых сот.

На рисунке 11 представлена разбивка по составляющим затрат для сценария 1 и сценария 2 и показано, что наиболее значимой составляющей являются расходы на реализацию. В регионах с низкой стоимостью рабочей силы расходы на развертывание будут ниже указанных в настоящем отчете.

Рисунок 11: Составляющие капитальных затрат

Расстояние между малыми сотами	Сценарий 1	Сценарий 2
Оборудование RAN (антенна, уличный шкаф, электроника базовой станции, батареи резервного питания и модули техобслуживания сети)	25%	24%
Расходы на реализацию (проектирование и планирование, модернизация площадок, получение разрешений и размещение уличных шкафов)	50%	46%
Волокно (прокладка 144-волоконно-оптического кабеля вдоль маршрута размещения уличного оборудования)	25%	30%
MER (одна стойка и оконечное оборудование)	< 0,1%	< 0,1%

## 6.5 Независимая оценка затрат

Вышеуказанные составляющие затрат – в частности, капитальные затраты в расчете на площадку – соответствуют отраслевым оценкам. По оценке AT&T, затраты на развертывание могут варьироваться от 20 тыс. до 50 тыс. долл. США на площадку, при условии что между площадками проложены транзитные

волоконно-оптические линии, которые у AT&T широко развиты<sup>1,2</sup>. По оценке Nokia, затраты в расчете на площадку составляют от 40 тыс. до 50 тыс. долл. США для площадок, требующих прокладки траншей и подачи энергопитания.

По оценкам независимых аналитиков, общая стоимость владения сетью 5G, обеспечивающей скорость передачи данных 50 Мбит/с, охватывающей все Соединенное Королевство, построенной в 2020 году и эксплуатируемой до 2030 года, составляет 71 млрд. фунтов стерлингов. При совместном использовании инфраструктуры эта сумма снижается до 38 млрд. фунтов стерлингов<sup>3</sup>.

В других отчетах стоимость развертывания сети 5G в масштабах США оценивается примерно в 300 млрд. долл. США. В Европе, по данным одного оператора подвижной связи, инвестиционные затраты составят от 300 млрд. до 600 млрд. евро<sup>4</sup>.

Хотя в этих отчетах не указывается, какой частотный спектр использовался для анализа, предполагается, что значительная часть расходов обусловлена уплотнением сети (посредством развертывания малых сот), поскольку ввиду использования в сетях 5G более высокочастотного диапазона mmWave, например выше 24 ГГц, потребуются соты меньшего размера (см. подраздел 3.5).

## 6.6 Инвестиционные модели

Учитывая необходимость значительных капитальных затрат для развертывания сети 5G, операторы сталкиваются с серьезными проблемами при обосновании инвестиционной привлекательности 5G. Директивным органам необходимо рассмотреть альтернативные модели инвестиций (например, государственно-частное партнерство, кредиты, целевые фонды и инструменты инвестирования), чтобы гарантировать, что высокие авансовые капитальные затраты не станут препятствием для поставщиков услуг беспроводной связи.

В разделе 5 уже описаны некоторые примеры государственного участия, в число которых входит ряд программ государственно-частного партнерства. Эти программы могут быть: i) возглавляемые государством, когда государство строит волоконно-оптические сети и владеет ими, как в Катаре; ii) возглавляемые частным сектором, когда государство частично финансирует развитие волоконно-оптической сети в партнерстве с участниками рынка, как в Германии.

В число других подходов входит предоставление местным органам власти грантов на создание и модернизацию объектов пассивной инфраструктуры (таких, как кабелепроводы, волоконно-оптические сети, центры обработки данных, уличное оборудование и т. д.), как в Соединенном Королевстве. Государство также может предлагать операторам недорогие кредиты в обмен на гарантированные инвестиции, как в Малайзии.

В случае когда операторы предпочитают получать капитал на частных рынках, государство может создавать инвестиционные фонды в сотрудничестве с заслуживающими доверие управляющими частных фондов для обеспечения операторам доли в капитале. Затем этот капитал будет использован в программах расширения сетей операторов.

Существуют и подробно описаны многие другие модели государственно-частного партнерства, создаваемого для стимулирования инвестиций в сети электросвязи<sup>5</sup>.

Не во всех случаях развертывания сетей 5G требуется вмешательство государства. Как показано в предыдущих разделах, уже развернуты сети с малыми сотами и пилотные установки 5G, профинансированные частным сектором.

<sup>1</sup> <https://www.rcrwireless.com/20170814/carriers/att-small-cell-cactus-antenna-concealment-tag17>

<sup>2</sup> <http://www.telecompetitor.com/cfo-extensive-fiber-assets-firstnet-give-att-an-advantage-on-5g-backhaul/>

<sup>3</sup> <https://www.itrc.org.uk/wp-content/PDFs/Exploring-costs-of-5G.pdf>

<sup>4</sup> <http://www.lightreading.com/mobile/5g/how-much-will-5g-cost-no-one-has-a-clue/a/d-id/733753>

<sup>5</sup> “Investment strategies for broadband deployment and access to the digital economy”, ITU, 2016

## 7 Заключение

**До тех пор пока инвестиции в 5G не станут экономически привлекательными, отраслевым организациям и директивным органам следует с осторожностью подходить к подобным инвестициям и заниматься при этом повышением доступности и качества существующих сетей 4G.**

Ожидается, что сети 5G будут играть ключевую роль в цифровой экономике, ускоряя экономический рост, повышая качество жизни граждан и создавая новые возможности для бизнеса.

Несмотря на все эти преимущества, следует проявлять осторожность, доказывая коммерческую состоятельность технологии 5G и ее действительную приоритетность для экономического развития. Решение об инвестировании в сети 5G должно подкрепляться надежным инвестиционным анализом.

Операторы скептически относятся к окупаемости инвестиций из-за высокого уровня затрат. В настоящее время они инвестируют в опытные установки и пилотные сети 5G в крупных густонаселенных городах с высокоразвитыми сетями 4G и инфраструктурой, в большей степени соответствующей сетевой экономике.

Стратегия "сначала город", вероятно, окажет негативное влияние на цифровой разрыв, поскольку доводы в пользу развертывания сетей 5G в сельских районах менее убедительны. Местные органы власти и регуляторные органы должны признать этот риск и противостоять ему. Для этого можно экономически и юридически стимулировать инвестиции в создание волоконно-оптических сетей и обеспечение покрытия приемлемыми в ценовом отношении услугами беспроводной связи за счет использования диапазонов частот ниже 1 ГГц.

В целях ускорения развертывания сетей 5G необходимо пересмотреть применяемый регуляторными органами, государственными и местными органами власти подход к цифровой политике. Важно чтобы этот подход предусматривал приемлемый в ценовом отношении доступ к общественным ресурсам, что сделает инвестиции в инфраструктуру малых сот и спектр 5G коммерчески привлекательными.

## Приложение А

В рамках подготовки к ВКР-19 МСЭ-R проводит исследования по совместному использованию и совместимости диапазонов частот, согласованных на ВКР-15, которые потенциально могут быть выделены для реализации технологии IMT-2020 (5G).

### 5-я Исследовательская комиссия МСЭ-R

5-я Исследовательская комиссия МСЭ-R (Наземные службы) отвечает за общие аспекты радиосистем IMT и за исследования, связанные с сухопутной подвижной службой, включая беспроводной доступ в рамках фиксированной службы.

В число рекомендаций и отчетов, разработанных МСЭ-R, входят:

- МСЭ-R М.1457 "Подробные спецификации наземных радиointерфейсов Международной подвижной электросвязи – 2000 (IMT-2000)". Спецификации IMT-2000.
- МСЭ-R М.2012 "Подробные спецификации наземных радиointерфейсов перспективной Международной подвижной электросвязи (IMT-Advanced)". Спецификации IMT-Advanced.
- МСЭ-R М.2083 "Концепция IMT – основы и общие задачи будущего развития систем IMT на период до 2020 года и далее", которая включает широкий спектр возможностей, связанных с предполагаемыми сценариями использования. Кроме того, в Рекомендации рассматриваются цели будущей разработки IMT-2020, в том числе дальнейшее совершенствование существующей IMT и разработка IMT-2020.
- МСЭ-R М.2370 "Оценки трафика IMT на период с 2020 по 2030 год". По мере роста спроса на подвижную широкополосную связь, представленную IMT, транспортная сеть становится важным компонентом инфраструктуры подвижной связи, который требует особого внимания.
- МСЭ-R М.2375 "Архитектура и топология сетей IMT", которая содержит обзор архитектуры и топологии сетей IMT и перспективный взгляд на определение соответствующих требований, предъявляемых этими топологиями к транспортной сети, в помощь соответствующим исследованиям транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи.
- МСЭ-R М.2376 "Техническая осуществимость IMT в диапазонах частот выше 6 ГГц", которая предполагает, что использование более высоких частот станет одной из ключевых составляющих будущей IMT.
- МСЭ-R М.2410 "Минимальные требования к техническим характеристикам радиointерфейсов IMT-2020", которая содержит описание основных требований, предъявляемых к минимальным техническим характеристикам технологий, претендующих на роль радиointерфейса IMT-2020.
- МСЭ-R М.2411 "Требования, критерии оценки и шаблоны для представления, касающиеся разработки IMT-2020", которая описывает требования и процессы представления технологии.
- МСЭ-R М.2412 "Руководящие принципы оценки технологий радиointерфейса IMT-2020", которая содержит рекомендации по оценке радиointерфейса.

Дополнительную документацию можно найти по адресу: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx>.

Мероприятия по стандартизации в рамках МСЭ также учитывают потребность в обеспечении поддержки развития сетей 5G, включая исследования, касающиеся нескольких решений в области радиосвязи, таких как спутниковая связь, использование высокоскоростных радиорелейных систем и станции на высотной платформе (HAPS).

### 13-я Исследовательская комиссия МСЭ-T

13-я Исследовательская комиссия МСЭ-T (Будущие сети) – это ведущая группа МСЭ в области исследований проводных соединений 5G, которая продолжает поддерживать переход к управлению сетью и ее оркестровке с помощью программного обеспечения. Группа разрабатывает проекты стандартов 5G, рассматривая такие вопросы, как сетевые архитектуры, представление возможностей сети, нарезка сети, оркестровка сети, управление сетью и инфраструктуры, гарантирующие высокое качество обслуживания.

В число стандартов проводных соединений 5G, разработанных 13-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т и утвержденных в 2017–2018 годах, входят:

- Рекомендация МСЭ-Т Y.3071 "Организация сетей, осведомленных о данных (сетей, ориентированных на информацию), – требования и возможности", которая будет поддерживать соединения 5G со сверхкороткой задержкой, обеспечивая проактивное кеширование данных в сети и ограничение избыточного трафика в базовых сетях.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3100 "Термины и определения для сети IMT-2020", которая содержит основополагающий набор терминов, которые должны применяться повсеместно в рамках работы по стандартизации, связанной с сетями 5G.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3101 "Требования сети IMT-2020", которая содержит общие принципы построения сети IMT-2020 и определяет требования к общим аспектам сети IMT-2020, не связанные с радиотехникой, как в отношении обслуживания, так и в отношении эксплуатации.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3102 "Структура сети IMT-2020", которая определяет общие аспекты структуры сети IMT-2020, не связанные с радиотехникой, основные особенности сети IMT-2020 и вопросы архитектурного проектирования.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3111 "Структура управления сетями IMT-2020 и их оркестровки", которая определяет структуру сетей 5G и связанные с ней принципы проектирования.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3112 "Структура для поддержки множественной нарезки сетей", которая описывает концепцию нарезки сетей, а также требования и архитектуру высокого уровня множественной нарезки сетей IMT-2020, иллюстрируемые вариантами использования.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3110 "Требования к управлению сетями IMT-2020 и их оркестровке", которая описывает возможности, необходимые для поддержки новых услуг и приложений 5G.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3150 "Высокоуровневые технические характеристики программизации сетей для IMT-2020". В этой Рекомендации описан вклад программизации сетей и нарезки сетей в развитие систем IMT-2020 с учетом всемирного признания эффективности технологии нарезки сетей, которая является наиболее типичной реализацией метода программизации сетей. Нарезка сетей рассматривается с двух сторон – в вертикальном и горизонтальном аспектах. Наряду с этим в Рекомендации описана нарезка сетей для периферийного/транзитного трафика подвижной связи, основы расширенной программируемости плоскости данных, а также представление возможностей.
- Рекомендация МСЭ-Т Y.3130 "Требования к конвергенции фиксированной и подвижной связи в сети IMT-2020", которая определяет относящиеся к услугам требования, такие как поддержка унифицированной идентичности пользователя, унифицированного начисления платы, непрерывности обслуживания и гарантированного качества обслуживания, и требования к сетевым возможностям, такие как конвергенция плоскостей управления, управление пользовательскими данными, представление возможностей и инфраструктура на основе облака, для поддержки конвергенции фиксированной и подвижной связи в сети IMT-2020.
- Добавление 35 к серии Рекомендаций МСЭ-Т Y.3033 "Организация сетей, осведомленных о данных, – сценарии и случаи использования", которое содержит описание набора сценариев обслуживания и способов использования, поддерживаемых сетью, осведомленной о данных (DAN), в том числе: 1) распространение контента; 2) создание сенсорных сетей; 3) создание автомобильных сетей; 4) автоматизированное вождение; 5) создание сети в зоне бедствия; 6) усовершенствованная измерительная инфраструктура в интеллектуальной сети; 7) проактивное кеширование видеоизображений; 8) обработка данных в сети; 9) множественная адресация и 10) технические аспекты трафика. Предлагаются информативные иллюстрации и описания способов проектирования, развертывания и эксплуатации DAN для поддержки служб DAN. Кроме того, рассмотрены преимущества сетей, осведомленных о данных, в отдельных сценариях и случаях использования, а также некоторые способы перехода от существующих сетей к сетям, осведомленным о данных.
- Добавление 44 к серии Рекомендаций МСЭ-Т Y.3100 "Стандартизация и деятельность по разработке программного обеспечения с открытым исходным кодом, связанная с программизацией сетей IMT-2020", которое обобщает инициативы в области открытого ПО и стандартизации, связанные с разработкой МСЭ стандартов программизации сетей.
- Добавление 47 к серии Рекомендаций МСЭ-Т Y.3070 "Организация ориентированных на информацию сетей – обзор, пробелы в стандартизации и доказательство правильности концепции", которое

содержит обзор методов организации ориентированных на информацию сетей и описание 15 пробелов в области стандартизации и пяти доказательств правильности концепции, основанных на относящемся к ICN информационных потоках, изученных Оперативной группой МСЭ-Т по IMT-2020 (ОГ IMT-2020) в период с 2015 по 2016 год.

### 15-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т

Кроме того, продолжает ускоряться работа МСЭ по стандартизации проводных элементов систем 5G. 15-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т (ИК15 – Транспортирование, доступ и жилища) разрабатывает стандарты транспортной поддержки систем 5G.

В число работ ИК15, связанных с 5G, входят:

- Технический отчет серии G (GSTR-TN5G) "Транспортные сети в поддержку технологий IMT-2020/5G".
- Добавление 55 к Рекомендациям серии G "Технологии радиосвязи по волокну (RoF) и их приложения", которое содержит общую информацию по технологиям радиосвязи по волокну и их применению в сетях оптического доступа. Эта технология используется в зоне радиотени.
- Добавление 56 к Рекомендациям серии G "Транспортирование OTN сигналов CPRI", которое содержит описание альтернатив преобразованию и мультиплексированию клиентских сигналов CPRI в OTN. Это Добавление относится к Рекомендациям МСЭ-Т G.872, МСЭ-Т G.709 / Y.1331, МСЭ-Т G.798 и МСЭ-Т G.959.1.
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.987 "Пассивные волоконно-оптические сети с поддержкой 10-гигабитных скоростей передачи (XG-PON)".
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.9807 "Пассивные симметричные волоконно-оптические сети с поддержкой 10-гигабитных скоростей передачи (XGS-PON)".
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.989 "Пассивные волоконно-оптические сети 2 с поддержкой 40-гигабитных скоростей передачи (NG-PON2)".
- Рекомендация МСЭ-Т G.RoF "Системы радиосвязи по волокну" (в стадии разработки).
- Новое Добавление к Рекомендациям серии G (G.sup.5GP) "Требования к беспроводной периферийной сети 5G в контексте PON" (в стадии разработки).
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.9700 "Быстрый доступ к абонентским терминалам (G.fast)".
- Рекомендация МСЭ-Т серии G.709 "Оптическая транспортная сеть (OTN)".
- Проект Рекомендации МСЭ-Т G.ctn5g "Характеристики транспортных сетей для поддержки IMT-2020/5G" (в стадии разработки).
- Проект Добавления к Рекомендациям серии G (G.Sup.5gotn) "Применение OTN для транспортировки трафика 5G" (в стадии разработки).
- Рекомендация МСЭ-Т G.695 "Оптические интерфейсы для приложений с грубым мультиплексированием с разделением по длине волны".
- Рекомендация МСЭ-Т G.698.4 "Многоканальные двунаправленные DWDM-приложения с не зависящими от порта одноканальными оптическими интерфейсами".
- Рекомендация МСЭ-Т G.959.1 "Интерфейсы физического уровня оптических транспортных сетей".

Кроме того, ИК15 разрабатывает стандарты синхронизации сетей для поддержки сетей 5G (Рекомендации МСЭ-Т серии G.8200).

### 12-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т

Связанные с этим работы ведутся в 12-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т (Технические характеристики, качество обслуживания, оценка пользователем качества услуг), в том числе:

- Проект Рекомендации МСЭ-Т G.IMT2020 "Структура QoS для IMT-2020". Подготовленный ИК12 обзор структур QoS в контексте IMT-2020.
- Проект Рекомендации МСЭ-Т Y.cvms "Вопросы реализации виртуальных измерительных систем". Стремясь воспользоваться возможностями масштабирования, гибкого развертывания и снижения

затрат, которые открывают облачные вычисления, поставщики сетевых услуг начали определять новые архитектуры своих инфраструктур для виртуализации сетевых функций (NFV). В то же время для развертывания в качестве виртуальных функций будут реализованы функции измерения. В этом документе содержатся рекомендации, относящиеся к таким ключевым областям, как развертывание систем по требованию и вопросы точности измерения. Разработка виртуализированных измерительных систем для решения задач, тесно связанных с работой ИК12, находится на ранних этапах, так что эта Рекомендация своевременна.

- Проект Рекомендации МСЭ-Т G.QoE-5G "Факторы, влияющие на оценку пользователем качества (QoE) новых услуг в сетях 5G".

Кроме того, ИК12 разрабатывает рекомендации, относящиеся к оценке пользователем качества услуг дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR), которые относятся к числу наиболее обсуждаемых сценариев использования 5G.

### 11-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т

11-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т (Протоколы и спецификации тестирования) изучает плоскость управления 5G, соответствующие протоколы и методы тестирования.

- Добавление 67 к Рекомендациям серии Q "Система сигнализации для организации сетей с программируемыми параметрами" позволяет разрабатывать протоколы сигнализации, способные поддерживать потоки трафика в среде SDN.
- Рекомендации серии МСЭ-Т Q.3710–Q.3899 по требованиям к сигнализации для SDN и соответствующим протоколам.
- Рекомендация МСЭ-Т Q.3315 "Требования к сигнализации для гибкой комбинации сетевых услуг в шлюзе широкополосной сети". Будучи ключевым элементом для предоставления широкополосных сетевых услуг, шлюз широкополосной сети (BNG) должен поддерживать гибкую комбинацию услуг, внедрение новых услуг и их предоставление. В Рекомендации Q.3315 описаны требования к сигнализации, основанные на архитектуре сервисной платформы BNG, необходимой для достижения таких выдающихся преимуществ, как простота развертывания сетевых услуг, мелкомодульные сетевые службы и т. д.

### 5-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т

5-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т (Окружающая среда, изменение климата и циркуляционная экономика) придает приоритетное значение новому исследованию экологических требований к системам 5G. ИК5 МСЭ-Т разрабатывает серию международных стандартов (Рекомендации МСЭ-Т), добавлений и технических отчетов, относящихся к изучению экологических аспектов, связанных с электромагнитной совместимостью (ЭМС), электромагнитными полями (ЭМП); электропитанием и энергоэффективностью, а также сопротивляемостью. В число Рекомендаций и Добавлений МСЭ-Т, разработанных ИК5, входят:

- Добавление МСЭ-Т K.Suppl.8 "Анализ устойчивости систем 5G", которое анализирует требования к устойчивости систем 5G к воздействию молнии и сбоям энергопитания.
- Добавление МСЭ-Т K.Suppl.9 "Технология 5G и воздействие РЧ ЭМП на человека", которое содержит анализ влияния систем подвижной связи 5G на уровень воздействия электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых вокруг инфраструктуры радиосвязи.
- Добавление МСЭ-Т K.Suppl.10 "Анализ аспектов электромагнитной совместимости и определение требований к системам подвижной связи 5G", которое содержит рекомендации по оценке электромагнитной совместимости систем 5G. Акцент делается на требованиях к возможным излучениям и невосприимчивости систем 5G.
- Дополнение МСЭ-Т K.Suppl.14 "Пределы воздействия РЧ ЭМП, более строгие, чем в руководящих указаниях МКЗНИ и IEEE по развертыванию сетей подвижной связи 4G и 5G", которое содержит обзор некоторых проблем, с которыми сталкиваются страны, регионы и города, планирующие развертывание инфраструктур 4G или 5G. В нем также содержится информация о моделировании влияния ограничений РЧ ЭМП, выполненном в Польше, в качестве примера более широкого явления, применимого к некоторым другим странам, установившим более строгие ограничения, чем те, что содержатся в руководящих указаниях МКЗНИ и IEEE.

- Рекомендация МСЭ-Т L.1220 "Инновационная технология источников энергии для стационарного использования. Часть 1: Обзор источников энергии", содержащая неисчерпывающую серию документов, относящихся к различным семействам технологии (системы батарейного питания, системы суперконденсаторов и т. д.), которая будет постоянно пополняться по мере появления новых технологий, способных оказать значительное положительное воздействие в сфере аккумуляции энергии.
- МСЭ-Т L.Suppl.36 к МСЭ-Т L.1310 "Исследование методов и показателей оценки энергоэффективности будущих систем 5G", которое изучает вопросы энергоэффективности будущих систем 5G.

Ранее Оперативная группа МСЭ-Т по IMT-2020 подготовила ряд технических отчетов, в которых изучаются различные аспекты подводных соединений 5G: "Книга-флипбук по результатам работы Оперативной группы МСЭ-Т по IMT-2020 за 2017 год":

<https://itu.int/en/publications/Documents/tsb/2017-IMT2020-deliverables/mobile/index.htm>

Подготовительная работа МСЭ-Т к внедрению систем IMT-2020 представлена в "Книге-флипбук по основам 5G за 2017 год":

<https://itu.int/en/publications/Documents/tsb/2017-IMT2020-deliverables/mobile/index.htm>

См. веб-страницы МСЭ-Т по адресу: <https://itu.int/en/ITU-T/>





Международный  
союз электросвязи  
Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

ISBN: 978-92-61-27584-6



Опубликовано в Швейцарии  
Женева, 2018 г.