



5G в России: влияние спектра на перспективы развития



GSMA[®] Intelligence

GSMA представляет интересы мобильных операторов по всему миру. Более 750 мобильных операторов являются членами GSMA, более 400 компаний мобильной экосистемы являются ассоциированными членами, включая производителей телефонов и пользовательских устройств, компании разработчики ПО, производителей оборудования и интернет-компании, а также организации из смежных отраслей. Кроме того, GSMA ежегодно организует ведущие мероприятия индустрии MWC в Барселоне, Лос-Анджелесе и Шанхае, а также региональные мероприятия серии M360.

Для получения дополнительной информации посетите сайт GSMA www.gsma.com

Вы можете следить за нашими новостями в Twitter: [@GSMA](https://twitter.com/GSMA)

GSMA Intelligence – это авторитетный источник данных о мобильных операторах со всего мира, аналитики и прогнозов, а также издатель отраслевых отчетов и исследований. У нас есть данные по группам операторов, сетям и виртуальным операторам сотовой связи из каждой страны мира. Это наиболее точное и полное хранилище отраслевых метрик, которое объединяет десятки миллионов показателей, обновляемых на ежедневной основе. Ведущие операторы, поставщики, представители регуляторных органов, финансовые организации и другие отраслевые игроки полагаются на экспертизу GSMA Intelligence при принятии стратегических решений, а также при долгосрочном инвестиционном планировании. Данные используются как справочная информация по индустрии и часто цитируются медиа и представителями отрасли. Наша команда аналитиков и экспертов постоянно публикует передовые исследования по разным отраслевым темам.

www.gsmaintelligence.com

info@gsmaintelligence.com

С полными условиями использования данного отчета можно ознакомиться по ссылке

www.gsmaintelligence.com/gsma-intelligence-terms-of-use/

Авторы

Дэвид Джордж, Глава консалтинга

Денниса Никифоров-Чуанг, Ведущий аналитик

Эмануэль Кольта, Старший аналитик

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	2
Краткий обзор	4
1 Перспективы развития 5G в России и в мире	8
1.1 Вступление в эру 5G	8
1.2 Россия: зрелый мобильный рынок переходит на 4G	10
1.3 Перспективы развития 5G в России	11
1.4 Модели развертывания 5G	13
1.5 Перспектива 5G в России для потребителей	14
1.6 Вклад 5G в экономику России	15
2 Спектр для 5G: ВКР и ключевые полосы для 5G	16
2.1 Подходящие полосы частот для 5G	16
2.2 Сколько спектра нужно для 5G?	17
2.3 Какие диапазоны частот рассматриваются для 5G?	18
2.4 Важность диапазона 3,5 ГГц	19
2.5 Высвобождение полос частот для 5G	20
2.6 Распределение спектра: лучшие практики	21
2.7 Варианты для распределения спектра на ВКР-23 и далее	23
2.8 Решения для совместного использования	24
2.9 Проблемы использования диапазона 4,8 ГГц	27
2.10 Объемы спектра на различных рынках	30
3 Развитие экосистемы 5G	32
3.1 Экономика операторов и 5G	33
3.2 Стоимость и доступность устройств 5G	34
3.3 Российский рынок устройств	35
3.4 Шифрование и сложности использования национальных стандартов	36
4 Сравнение двух диапазонов частот по модели общей стоимости	38

Предисловие



В данном отчете рассматриваются перспективы развития 5G в России в контексте внедрения стандарта на глобальном уровне. В нем изложены прогнозы по внедрению 5G в России и ожидаемые экономические выгоды, которые 5G принесет стране.

Также в данном отчете детально рассмотрен вопрос полос частот, наиболее подходящих для самого широкого применения 5G, а также то, как страны во всем мире стремятся высвободить, а затем распределить этот спектр для использования операторами мобильной связи. Текущая проблема на российском рынке мобильной связи заключается в распределении достаточного количества спектра в наиболее подходящих диапазонах для обеспечения экономически эффективного развертывания 5G. Это проблема, с которой также сталкиваются и на других рынках.

GSMA и GSMA Intelligence подготовили ряд отчетов, освещающих перспективы развития мобильного рынка в России, а также проблемы и потенциал 5G в частности. К ним относятся следующие отчеты:

- Мобильная экономика в России и СНГ 2019¹
- Развитие 5G в России и мире: взгляд в будущее²

Ключевой темой, лежащей в основе этих докладов, является трансформационный потенциал мобильных сетей и услуг. 5G будет стимулировать инновации и экономический рост, обеспечивая более весомую выгоду для общества, чем предыдущие поколения мобильных технологий, и позволяя развиваться новым цифровым услугам и бизнес-моделям. Однако для этого потребуются благоприятная нормативно-правовая среда, особенно в отношении вопросов радиочастотного спектра. В этом докладе GSMA предлагает ряд идей и рекомендаций для обеспечения в России реализации всего потенциала 5G в приемлемые сроки.

1 [The Mobile Economy Russia & CIS 2019](#), GSMA Intelligence, 2019
2 [5G in Russia: a local and global view on the way forward](#), GSMA, 2019



Краткий обзор

2020 год знаменует начало глобальной эры 5G

Мир вступил в эру 5G, когда большинство регионов переходят к коммерческому запуску сетей, а некоторые рынки демонстрируют ускоряющиеся темпы внедрения. 5G будет поддерживать значительно более высокие скорости мобильной широкополосной связи и более низкие задержки, чем предыдущие поколения мобильных технологий. Также будет обеспечена реализация целого ряда новых услуг, которые будут способствовать цифровой трансформации отраслей и предоставят новые возможности для потребителей.

По состоянию на конец второго квартала 2020 года сети 5G коммерчески доступны у 87 операторов в 39 странах. Глобальное число подключений 5G составляет 57 миллионов, а к концу года оно вырастет почти до 145 миллионов по мере того, как сети будут появляться на новых рынках, а также будет расти уровень проникновения в странах, где сети уже запущены.

В России ускоряется внедрение 4G; сети 5G пока не запущены

По мировым стандартам Россия является зрелым рынком с высоким проникновением мобильной связи. Уровень проникновения мобильной связи среди уникальных абонентов составил 89% в конце 2019 года. После отложенного запуска по сравнению со многими западными рынками доля 4G-соединений в стране резко растет, чему способствуют значительные инвестиции в сети 4G в последние годы.

Россия не входит в первую волну стран, запустивших 5G, но в стране уже был проведен ряд испытаний и тестов. С учетом коммерческих запусков, ожидаемых в 2021 году, GSMA Intelligence прогнозирует, что к 2025 году на 5G будет приходиться около 43 миллионов подключений, что эквивалентно почти пятой части

от общего числа подключений. По этим прогнозам Россия приблизится к среднемировым показателям по внедрению 5G к 2025 году. Однако страна будет отставать от ведущих мировых рынков, где уже запущены коммерческие сервисы 5G и ускоряются темпы внедрения.

В преддверии коммерческих запусков есть позитивные новости для российских операторов мобильной связи в части осведомленности потребителей о потенциальных преимуществах сетей 5G. В последнем опросе потребителей от GSMA Intelligence 81% опрошенных выделили скорость как ключевой дифференциатор для сетей 5G, по сравнению с 58% в опросе 2018 года. Поскольку сети 4G в России обычно предлагают более скромные скорости передачи данных по сравнению с европейскими аналогами, у потребителей есть явный спрос на высокие скорости, которые предлагает 5G.

5G обещает значительное ускорение экономического роста и производительности труда в России. По оценкам GSMA Intelligence, 5G принесет российской экономике более \$5,2 млрд к 2025 году, что эквивалентно увеличению ВВП на 0,3%. К 2030 году этот показатель достигнет 0,9%. Данный прирост будет обеспечен в дополнение к экономическому росту, обеспечиваемому существующими поколениями мобильных сетей (3G и 4G). За период 2022–2030 годов общая совокупная выгода для российской экономики от 5G составит 60 миллиардов долларов.

Важность спектра в диапазоне 3,5 ГГц для 5G

Спектр является основой всех мобильных сетей; потребность в значительных объемах глобально гармонизированного спектра еще более актуальна для 5G. Для оптимальной работы нового радиointерфейса 5G, обозначаемого как NR, требуются широкие, непрерывные блоки спектра. МСЭ рекомендует

регуляторам максимально приблизиться к назначению 100 МГц для каждого оператора в средних диапазонах 5G.

Многие страны столкнулись с проблемой занятости приоритетных диапазонов 5G действующими пользователями. Нескольким европейским регуляторам удалось высвободить и дефрагментировать полосу частот 3,4–3,8 ГГц (хорошим примером является Великобритания). Южная Корея была первой страной, выставившей на аукцион спектр в диапазоне 3,5 ГГц для 5G в 2018 году, в то время как совсем недавно регулятор объявил о планах назначить еще 320 МГц в диапазонах 3,4–3,42 ГГц и 3,7–4,0 ГГц к 2021 году.

На глобальном уровне диапазон 3,5 ГГц стал ключевым диапазоном для 5G. Всего в этом диапазоне назначили спектр 24 страны. В 14 из них операторы уже запустили сети 5G, использующие эти частоты. Считается, что спектр в диапазоне 3,5 ГГц предлагает оптимальный баланс покрытия и емкости. Данный диапазон может обеспечить множество потенциальных вариантов использования помимо eMBB, включая поддержку локальных сетей в конкретных секторах экономики, таких как здравоохранение, логистика, горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство.

Хотя высвобождение соответствующих полос спектра должно быть основной целью, совместное использование спектра может быть решением, когда высвобождение полосы невозможно или требует длительного времени. Лицензируемый совместный доступ к спектру (LSA) – потенциальное решение для обеспечения отсутствия помех между пользователями спектра.

Проблемы распределения спектра в средних полосах частот в России

В России диапазон 3,5 ГГц в настоящее время недоступен для мобильных сетей, главным образом из-за его использования спутниковыми службами. Альтернативой, находящейся на рассмотрении, является диапазон 4,8–4,99 ГГц (диапазон 4,8 ГГц). Однако международное регулирование этого диапазона для 5G все еще находится в процессе разработки, и по крайней мере в ближайшие три года определенности в отношении данного диапазона не ожидается. Ко времени следующей Всемирной конференции радиосвязи (ВКР) в 2023 году станет понятнее, будет ли реализован достаточный масштаб внедрения для обеспечения доступного массового развертывания 5G с использованием этого диапазона.

Ряд рынков, включая Тайвань, Китай, Гонконг и Японию, уже выделили спектр в диапазоне 4,8 ГГц. Однако на этих рынках он был присвоен главным образом в качестве дополнительной полосы к спектру в других диапазонах или для конкретных локализованных вариантов использования, таких как частные сети.

Глобальная гармонизация и зрелость экосистем

Мобильная связь – очень капиталоемкая отрасль. 5G потребует значительных инвестиций, особенно учитывая необходимость уплотнения сети, в то время как операторы все еще стремятся полностью монетизировать 4G. Наличие достаточного масштаба внедрения может обеспечить огромные выгоды для всех заинтересованных сторон (операторов, потребителей и предприятий), так как экосистема 5G продолжает развиваться.

Преимущества масштаба внедрения подчеркивают важность использования глобально гармонизированных диапазонов частот и стандартов для 5G. Особой проблемой для диапазона 4,8 ГГц является отсутствие зрелости и масштаба внедрения в экосистемах вспомогательного оборудования и устройств. Данные GSA показывают, что в настоящее время существует гораздо больше доступных телефонов, поддерживающих диапазон 3300–3800 МГц, чем диапазон 4,4–5,0 ГГц. Ситуация еще более осложняется тем, что телефоны, доступные для диапазона 4,8 ГГц, не поддерживают основные полосы LTE, используемые сегодня в России (где полосы спектра и устройства были гармонизированы с европейскими стандартами). Не наблюдается признаков каких-либо значимых шагов по внедрению соответствующих изменений в спецификации абонентских устройств китайскими производителями оборудования. Вендоры вряд ли будут рассматривать такой сценарий до тех пор, пока не будет ясности с распределением полос в России, а также с планами по выделению спектра.

Немногие вендоры сетевого оборудования сегодня поддерживают сети 5G в диапазоне 4,8 ГГц. Nokia не удалось обеспечить какие-либо сетевые контракты 5G в Китае, поэтому она вряд ли будет поддерживать этот диапазон, в то время как Huawei в настоящее время не имеет публичной дорожной карты по поддержке 5G в диапазоне 4,8 ГГц.

Еще одна проблема касается предлагаемого требования к шифрованию в российских устройствах 5G. В рамках текущего процесса согласования стандартов ФСБ (Федеральная служба безопасности) ввела новое требование (№19 в соответствующем проекте требований к абонентским устройствам) о поддержке использования национального алгоритма шифрования. В нынешнем виде реализация требования №19 сделает невозможной сертификацию вендорами терминального оборудования 5G в России, поскольку вендоры чипсетов, инфраструктуры и терминального оборудования не поддерживают нестандартные алгоритмы шифрования. Они придерживаются стандартов 3GPP, которые являются основой совместимости телекоммуникационного оборудования на рынках по всему миру.

Моделирование стоимости в двух фокус-диапазонах спектра

Моделирование GSMA Intelligence показало, что развертывание и эксплуатация неавтономной сети 5G (NSA) в период с 2023 по 2030 год с использованием диапазона 4,8 ГГц обойдется российским операторам на 84% дороже по сравнению с использованием диапазона 3,5 ГГц. Эта разница обусловлена тремя ключевыми факторами: потребностью к уплотнению сети в диапазоне 4,8 ГГц, что повлечет за собой большее количество новых сайтов; относительной незрелостью экосистемы вендоров в этом диапазоне; и более высоким энергопотреблением сети в диапазоне 4,8 ГГц.

Рекомендации для российского рынка

GSMA предлагает ряд рекомендаций, чтобы Россия могла реализовать весь потенциал 5G:

- Российским регулирующим органам следует в идеале высвободить диапазон 3,5 ГГц для мобильного использования и разработать четкую дорожную карту для российских мобильных операторов, чтобы обеспечить им спектр 5G на соответствующих частотах в низких, средних и высоких диапазонах
- Принимая во внимание, что распределение спектра осложняется тем, что в диапазоне 3,5 ГГц уже имеются пользователи спектра, использующие часть или весь этот диапазон, необходимо разработать долгосрочную дорожную карту 5G с тем, чтобы операторы могли понять, сколько спектра будет доступно к конкретному сроку. Учитывая значительные географические масштабы

России, первоначальные развертывания 5G будут сосредоточены на территориях городов. Одним из решений может быть высвобождение диапазона 3,5 ГГц для этих городских районов, в то же время должны рассматриваться альтернативные полосы для охвата сельских районов в более долгосрочной перспективе.

- Если диапазон 3,5 ГГц не может быть высвобожден в адекватные сроки, потенциальное решение возможно с использованием лицензируемого совместного доступа (LSA).
- GSMA поддерживает все правительства, которые поощряют национальные исследования и разработки, связанные в настоящее время с 5G. Однако по-прежнему важно, чтобы такие усилия были приведены в соответствие с международными стандартами или получили последующее признание на международном уровне.

Последний пункт относится к двум аспектам. Во-первых, усилия по использованию полосы 4,8 ГГц для 5G могут быть обесценены недостаточным масштабом производства вследствие незрелости экосистемы устройств и сетевого оборудования в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Это увеличит затраты для операторов и конечных пользователей, потенциально сократив проникновение 5G и ожидаемые экономические выгоды от 5G.

Во-вторых, текущие предложения по разработке национального алгоритма шифрования сделают невозможной сертификацию вендорами терминального оборудования 5G в России, так как они не будут соответствовать стандартам 3GPP. Лучшим вариантом действий для российских властей было бы сотрудничество с организацией 3GPP и ее соответствующими группами в целях усиления алгоритмов шифрования.

Рисунок 1

Российский мобильный рынок в цифрах



Источник: GSMA Intelligence *Процент от общего числа подключений



1

5G: перспективы развития в России и мире

1.1 Вступление в эру 5G

Несмотря на последствия пандемии Covid-19, мир теперь явно вступил в эру 5G. Глобальное введение режимов самоизоляции только подчеркнуло критичность надежной и высокоскоростной связи. Изменения в структуре работы и развлечений, вероятно, ускорят потребность в более высоких скоростях, большей пропускной способности в сетях связи и, что особенно важно, в инновационных услугах, которые обещает 5G.

Сети 5G будут находиться в центре новых интеллектуальных экосистем, которые принесут пользу всем: общество будет использовать технологии для решения самых больших мировых проблем; потребители будут наслаждаться захватывающим контекстуальным опытом; а предприятия смогут воплотить в жизнь Четвертую промышленную революцию.

Сети 5G обеспечат четкое скачкообразное изменение возможностей и функциональности сетей по сравнению с 4G. 5G предлагает в 10–100 раз более высокую скорость передачи данных и задержки до 10 раз меньше, чем в сетях 4G.

Эти возможности, в свою очередь, позволят целому ряду других технологий (таких как искусственный

интеллект, большие данные и облачные сервисы) быть реализованными в новых сценариях, обеспечивая новые варианты применения. Улучшенная производительность сетей 5G будет обеспечиваться за счет более продвинутой опорной сети, использования более эффективных радиотехнологий (таких как massive MIMO), доступа к большей полосе спектра и уплотнения сети.

По состоянию на конец второго квартала 2020 года сети 5G была коммерчески доступны у 87 операторов в 39 странах. В то время как глобальное число подключений 5G составляло 57 миллионов, эта цифра вырастет почти до 145 миллионов к концу года ввиду все возрастающего количества запусков сетей 5G и роста уровня проникновения в странах, запустивших сети 5G на самом раннем этапе.

В то время как ряд стран лидирует в области 5G, и в них наблюдается ускорение темпов внедрения 5G, другие страны предпочитают подождать и дать технологии стать более зрелой. В самом деле, в ряде крупных рынков полноценные коммерческие запуски пока еще не начаты.

Рисунок 2

Взгляд на 5G – глобальные перспективы

	Частотные присвоения	Испытания	Коммерческие запуски**	Проникновение
II квартал 2020	НЗ СИН ФИН	7 испытаний на 6 рынках	22 испытаний на 14 рынках	
Конец II квартала 2020	108 операторов* на 32 рынках	212 операторов на 98 рынках	87 операторов на 39 рынках	57 миллионов подключений
III квартал 2020	США ГРЕЦ ЧЕХ 5 Других		ТАЙВ ЧЕХ СЕЙШ МАК	90 миллионов подключений
2020	45 стран завершили присвоения		153 операторов на 54 рынках	145 миллионов подключений (проникновение 1.8%)
2025			413 операторов на 123 рынках	1.7 миллиардов подключений (проникновение 20%)

Источник: GSMA Intelligence *За исключением региональных операторов США и Канады. **Запуски коммерческих мобильных и ФБД услуг.

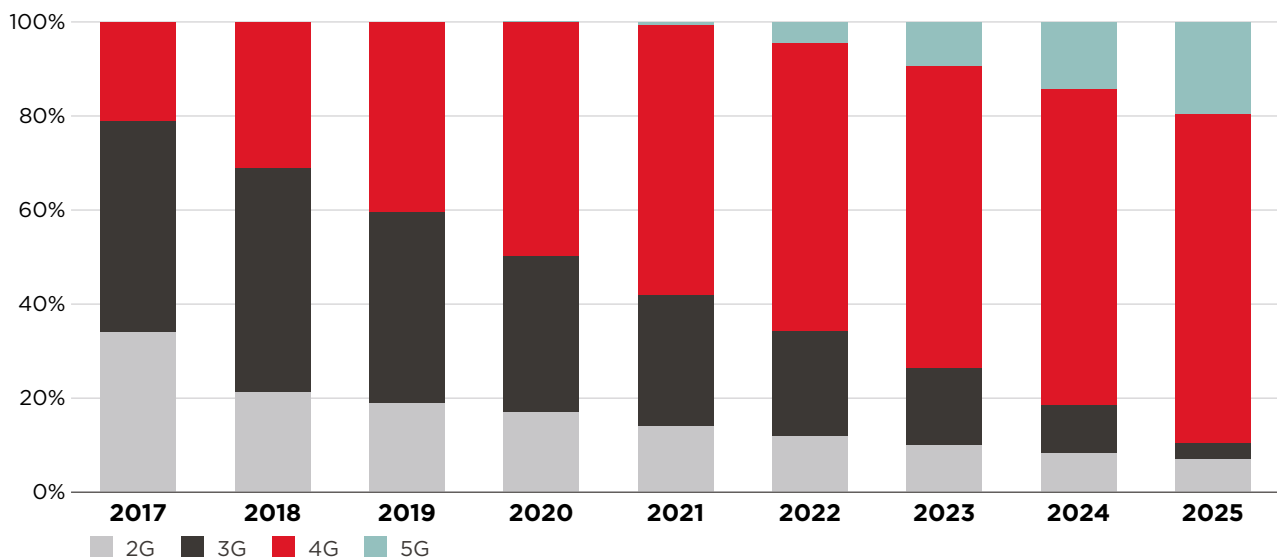
1.2 Россия: зрелый мобильный рынок переходит на 4G

По мировым стандартам Россия является зрелым рынком с высоким уровнем проникновения³ мобильной связи. Его показатель проникновения для уникальных мобильных абонентов на уровне 89% на конец 2019 года немного опережает средние показатели как для развитых, так и для европейских стран. При ограниченном росте населения проникновение абонентов в целом останется неизменным до 2025 года.

После несколько отложенного начала развертывания 4G российские операторы в последние годы вложили значительные средства в улучшение покрытия сетей и их скорости. Эти инвестиции способствовали быстрому переходу на 4G, который сейчас наблюдается на рынке мобильной связи. Доля 4G в общем числе подключений будет резко возрастать в течение следующих нескольких лет: с 40% в конце 2019 года до 61% к 2022 году.

Рисунок 3

Ускорение миграции к 4G в России



Источник: GSMA Intelligence

В последние годы российские операторы вложили значительные средства в развертывание сетей 4G, чтобы улучшить покрытие сети и скорость. Например, охват населения в сетях 4G у МегаФона увеличился с 50% в 2014 году до 82% к концу 2019 года. Его сети LTE-Advanced (LTE-A) теперь доступны в 49 регионах России и могут предлагать скорости свыше 150 Мбит / с.

МТС расширила покрытие своей сети 4G до 75% населения, в то же время вкладывая средства в подготовку своей сети к 5G. Компания внедрила новейшие технологии LTE в 21 регионе, включая massive MIMO и использование лицензируемого вспомогательного доступа (LAA). LAA использует нелицензируемый спектр 5 ГГц в сочетании с лицензируемым для повышения производительности сети для мобильных пользователей.

Билайн (VEON) также инвестирует значительные средства в 4G, развернув дополнительно 11 000 базовых станций LTE в 2018 году. Количество базовых станций 4G по всей стране увеличилось еще на 36% в годовом исчислении в 4 квартале 2019 года, а охват населения достиг 86%. Это позволило увеличить использование данных на соединение более чем на 50% в годовом исчислении в 4 квартале 2019 года.

Теле2 значительно увеличил количество LTE базовых станций в 2019 году. В результате по итогам 2019 года рекордный прирост количества LTE-устройств среди смартфонов – на 14 п. п. – зафиксирован в ряде регионов. Общая доля LTE-устройств в сети Tele2 среди смартфонов составила 83%. Доля смартфонов среди всех устройств (кнопочных телефонов, планшетов, роутеров и пр.) в сети Tele2 увеличилась до 71%.

³ Уникальный абонент определяется как уникальный пользователь, который подписан на мобильные услуги на конец периода, за исключением сотового IoT. Пользователи отличаются от подключений тем, что уникальный пользователь может иметь несколько подключений.

1.3 Перспективы развития 5G в России

Основные российские операторы продолжают инвестировать в свои сети 4G и внедрение технологий 5G-ready. При этом делается фокус на улучшение покрытия, повышение скорости передачи данных и емкости сетей LTE. Однако, также проводятся ограниченные развертывания сетей 5G для проведения испытаний.

Таблица 1

Статус проведения испытаний 5G

Оператор	Текущий статус
МТС	Тестирование применения в промышленности, решениях для умного города, а также AR/VR в ряде пилотных зон в городах, включая Москву и Санкт-Петербург
МегаФон	Идет тестирование в различных областях, включая облачный гейминг и автономное управление транспортными средствами
Ростелеком (Tele2)	Идут испытания, в частности, на тестовой зоне в Москве для демонстрации пользовательских решений
Билайн	Первоначальные испытания и тестовые развертывания проходят по целому ряду приложений, таких как умные города, AR/VR и телемедицина

Источник: данные операторов

МегаФон и Ростелеком создали совместное предприятие под названием “Новые цифровые решения” с целью развития 5G. Новому предприятию был выделен спектр в диапазоне 24,65–27,5 ГГц для проведения испытаний 5G до начала 2021 года. МТС и Билайн работают над вступлением в СП в ближайшем будущем.

Россия явно не входит в первую волну стран, запустивших 5G, однако в течение продолжительного времени среди участников отрасли существует четкое понимание важности 5G для мобильного сектора и экономики в целом. С учетом ряда краткосрочных ограничений, в том числе связанных с высвобождением требуемых объемов спектра в критически важном диапазоне 3,5 ГГц, остается вопрос, насколько Россия будет отставать от других развивающихся рынков в области 5G и сможет ли она получить статус “быстро развивающегося” рынка.

Такие страны, как США, Япония и Южная Корея, соперничают за мировое лидерство в области 5G, и, будучи первопроходцами, могут иметь преимущества. Страны, которые идут сразу следом, могут получить преимущества от более позднего внедрения 5G, хотя это не уменьшает необходимость сосредоточить усилия на ускорении развертывания сети. Преимущества

для стран, идущих второй очередью, заключаются в достижении зрелости технологией, а также в выгоде от снижения цен на оборудование по мере того, как будут расти масштабы поставок. Доступность устройств также увеличится, поскольку чипсеты упадут в цене, и устройства смогут поддерживать большее количество диапазонов.

Технология LTE доказала свою эффективность на российском рынке, поскольку потребители с готовностью приняли приложения и смартфоны, а последние обновления позволяют LTE поддерживать быстро растущие объемы данных, которые являются одними из самых высоких в мире в расчете на душу населения. Однако, учитывая низкие цены на передачу мобильных данных в России по сравнению со многими рынками, 5G обещает более низкую стоимость гигабайта по сравнению с 4G. Ericsson предполагает, что разница в стоимости может достигать 10 раз. Это позволит операторам значительно проще обосновывать свои инвестиции в 5G.

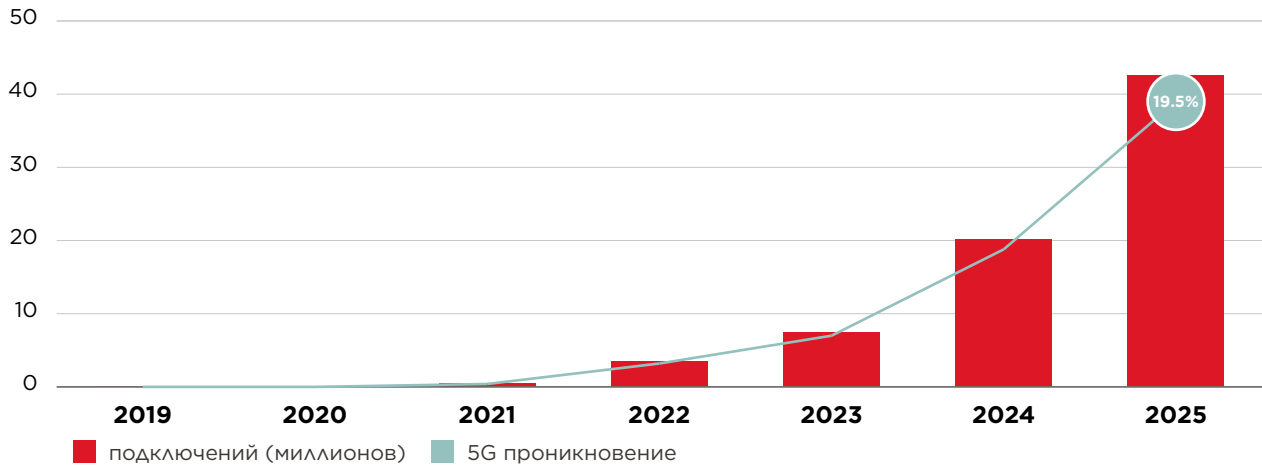
Последние прогнозы GSMA Intelligence показывают, что после медленного запуска доля 5G будет составлять около 43 миллионов соединений к 2025 году, что эквивалентно чуть менее пятой части от общей базы соединений в стране к этому году. Прогнозы для России

и всего мира на период до 2025 года были обновлены, чтобы отразить вероятное воздействие пандемии Covid-19, причем наибольшее воздействие будет

оказываться в ближайшей перспективе, в то время как среднесрочные результаты останутся в основном неизменными.

Рисунок 4

Прогнозы внедрения 5G в России



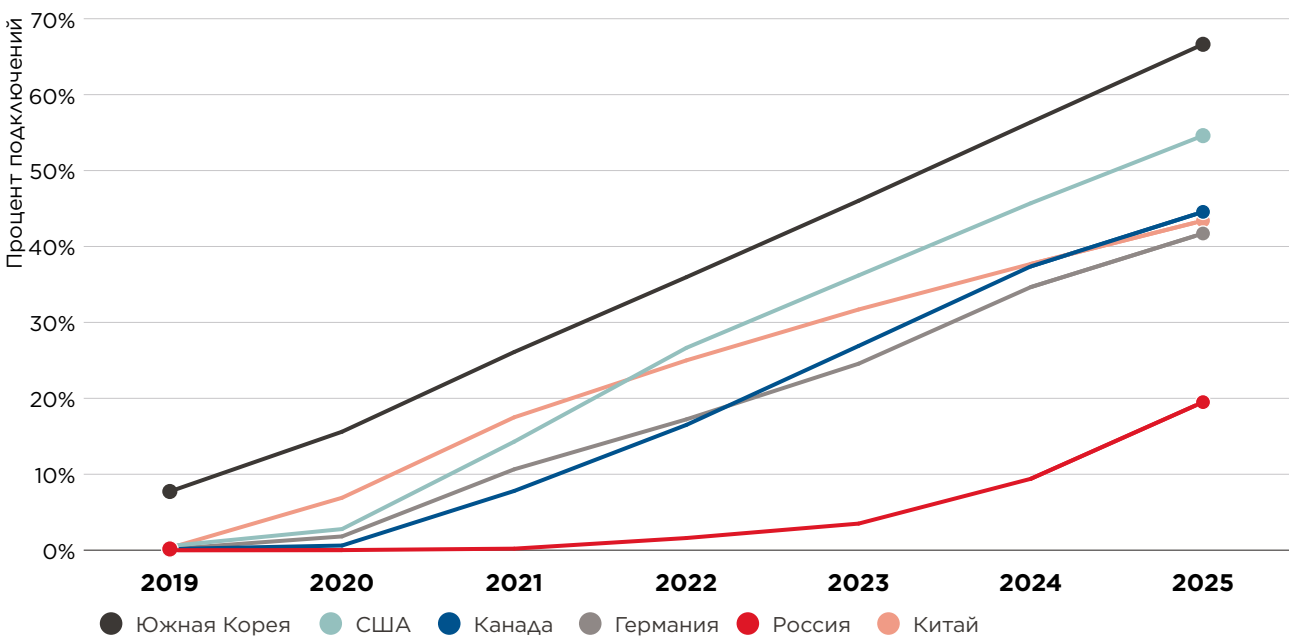
Источник: GSMA Intelligence

Согласно прогнозам, Россия в целом соответствует среднемировому показателю внедрения 5G к 2025 году, но все еще отстает от тех рынков, которые уже запустили коммерческие услуги 5G и наблюдают ускорение темпов внедрения. Южная Корея сохранит свое глобальное лидерство, и к 2025 году почти 70%

всех подключений там будет приходиться на 5G. Однако следует отметить, что есть рынки, в которых пока отсутствуют коммерческие запуски 5G, но внедрение там пойдет быстрыми темпами. В Канаде, например, 5G будет составлять почти половину от общей базы соединений к 2025 году.

Рисунок 5

Прогноз внедрения 5G на различных рынках



Источник: GSMA Intelligence

1.4 Модели развертывания 5G

Почти все сети 5G в мире на сегодняшний день были неавтономными (NSA), в результате чего операторы при развертывании сети радиодоступа (RAN) могут также повторно использовать существующую опорную сеть LTE для управления сетями доступа 4G и 5G. Таким образом, устройства могут подключаться либо к сетям 4G, либо к сетям 5G, либо к тем и другим одновременно.

Этот подход позволит снизить общий уровень инвестиций, избегая необходимости в новой серии базовых станций. Таким образом, такой подход должен повысить темпы возврата инвестиций от дополнительных доходов от ранних вариантов использования 5G (таких как eMBB). Разгрузка трафика данных с LTE в новых сетях 5G является еще одним преимуществом для операторов, учитывая высокие ежемесячные объемы данных.

В соответствии с моделью развертывания NSA операторы могут использовать существующие макросоты и спектр LTE для работы основной (управляющей) несущей с плотной сетью малых сот и использованием спектра среднего диапазона (1–6 ГГц) и верхнего диапазона (выше 6 ГГц) для высокоскоростной передачи данных.

В отличие от NSA, автономное (SA) развертывание требует от операторов строительства совершенно новой опорной сети. Новое ядро было окончательно разработано в стандартах 5G только в июне 2018 года; временной промежуток между завершением разработки стандарта и коммерческим внедрением новой технологии обычно составляет 18 месяцев. Это означает, что новое ядро 5G будет широко использоваться в коммерческих развертываниях с 2021 года.

Автономное развертывание позволяет операторам реализовать все потенциальные новые возможности 5G NR, а также новую архитектуру базовой сети. К ним относятся расширенные функции, такие как Network Slicing (несколько логических сетей в одной физической сети) и сверхнадежная передача данных с малой задержкой. Этот набор функций делает автономное развертывание более подходящим для работы на корпоративном рынке, который может стать ключевым сегментом для сценариев использования 5G в России.

Хотя общепризнанно, что NSA окажется менее затратным для развертывания в краткосрочной перспективе, SA может предложить более эффективные средства в долгосрочной перспективе и избежать необходимости во втором раунде обновлений аппаратного и программного обеспечения в рамках неизбежной миграции от NSA в SA. В связи с этим российские операторы, учитывая их более поздний старт, могут предпочесть модель развертывания SA над подходом NSA. Тем не менее, модели развертывания могут также отражать варианты использования: NSA используется в городских районах для обеспечения улучшенной пропускной способности и скорости, а SA развертывается выборочно, например, в кампусных зонах для производства и конкретных отраслей, таких как порты и добыча полезных ископаемых.

Таблица 2

Сравнение основных характеристик автономного и неавтономного развертывания 5G

	Автономное	Неавтономное
Период развертывания	С 2021 года	С 2019 года
Ядро сети	Новое ядро 5G (5GC), контролирующее 5G RAN (NR)	Ядро 4G (EPC), контролирующее 4G RAN (LTE) и 5G RAN (NR)
Варианты использования	Все варианты использования, включая IoT и URLLC *	eMBB
Ультранизкая задержка	Да – около 1 мс	Нет – около 5 мс
Использование радиочастотного спектра	Покрывание для NR в высоких диапазонах частот очень ограничено из-за отсутствия основной(управляющей) несущей 5G-LTE	Существующая сеть LTE обеспечивает покрытие Сеть NR развернута с использованием нового спектра 5G

Источник: GSMA Intelligence

*Сверхнадежная связь с малой задержкой; Массовый IoT поддерживается в будущих версиях 3GPP. Также доступно в некоторых сценариях NSA

1.5 Перспектива 5G в России для потребителей

Последнее обновление потребительского исследования GSMA Intelligence отражает ожидания потребителей 5G в России. Как и на большинстве развитых рынков, потребители видят более высокие скорости в качестве ключевого дифференциатора для 5G. Особо следует отметить увеличение доли респондентов, которые видят в этом ключевое отличие: 81% опрошенных отметили скорость, по сравнению с 58% в опросе 2018 года.

На рынках, участвовавших в опросе по всему миру, ожидание более высоких скоростей составило в среднем 71%. Поскольку скорость LTE в России значительно ниже ряда ведущих рынков, у операторов есть четкая возможность дифференцировать услуги 5G и соответствующим образом позиционировать свои коммерческие предложения.

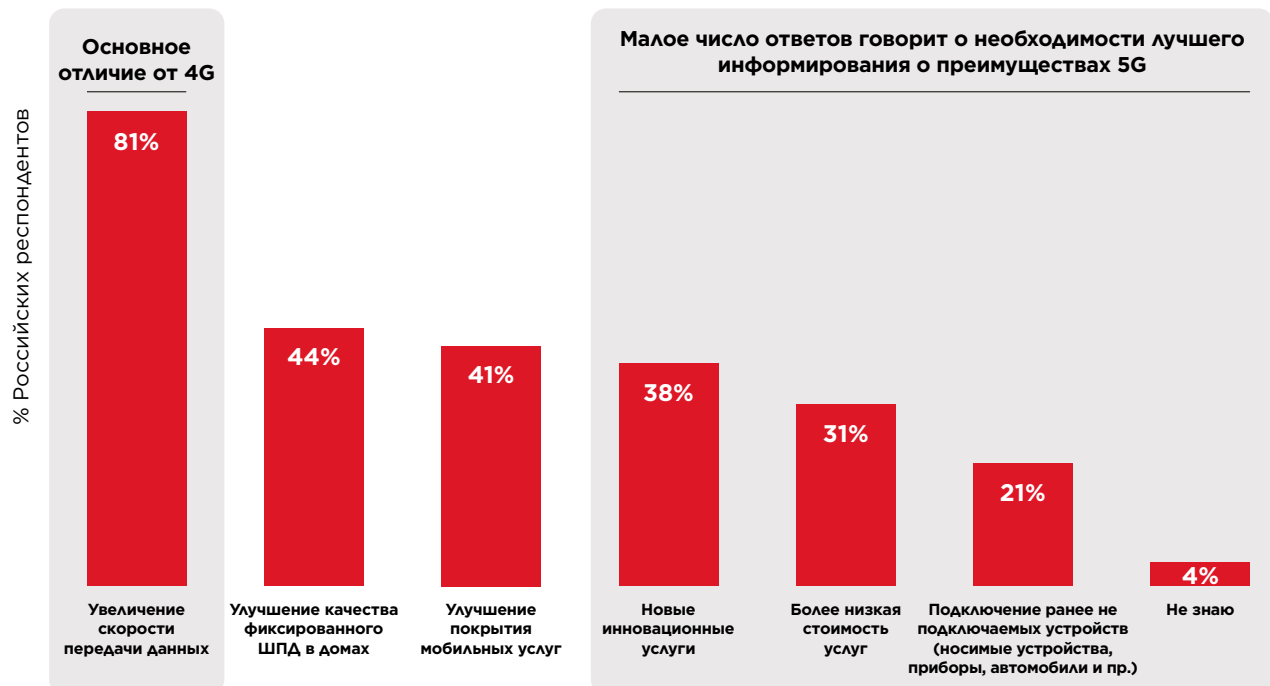
Сети 5G, скорее всего, принесут новый и улучшенный потребительский опыт, опираясь на ключевые функции технологии, включая более высокую емкость

и меньшую задержку. Как и у потребителей на других рынках, менее 40% российских потребителей видят в этом ключевую возможность для 5G. Низкий уровень осведомленности о новых вариантах использования и возможности подключения ряда новых устройств подчеркивают необходимость целенаправленного информирования от операторов о преимуществах 5G. Важно также подчеркнуть необходимость работы операторов с другими участниками экосистемы для реализации новых возможностей.

Рисунок 6

Несмотря на возможности для новых услуг и клиентского опыта, ожидания потребителей для 5G в России сосредоточены на более высоких скоростях

Вопрос: “Исходя из ваших знаний о 5G, что вы ожидаете получить от него?”



Источник: потребительское исследование GSMA, 2019

1.6 Вклад 5G в экономику России

Инвестиции в технологии имеют первостепенное значение для повышения производительности и экономического роста в России. Технология 5G с ее широким спектром сценариев использования, применяемым к Индустрии 4.0, передовым услугам и ИКТ, может стать основной движущей силой изменений.

По оценкам GSMA Intelligence, к 2025 году 5G принесет российской экономике более \$5,2 млрд, что эквивалентно росту ВВП на 0,3%. Это влияние является дополнением к повышению производительности, которое будет обеспечиваться существующими поколениями мобильных сетей и, как предполагается, будет продолжаться и дальше. К 2030 году дальнейшее внедрение 5G и более широкие выгоды от этого внедрения, как ожидается, увеличат полезный объем до 16 миллиардов долларов в год, что составит 0,85% ВВП. За период 2020–2030 годов общая совокупная выгода для российской экономики составит 60 миллиардов долларов.

В качестве примера, GSMA Intelligence ранее было подсчитано, что в 2018 году мобильные технологии

принесли 101 миллиард долларов Содружеству Независимых государств (СНГ), что эквивалентно 4,7% ВВП данного региона.⁴

Эти оценки основаны на модели, построенной на двух основных принципах: первый оценивает, как различные сценарии использования – приложения и новые/модернизированные промышленные процессы, поддерживаемые технологией 5G, – могут стимулировать рост и приносить пользу экономике; второй рассматривает вероятное влияние на экономический рост технологий на основе 5G и их влияние на производительность. В совокупности эти два компонента позволяют данной модели прогнозировать воздействие на каждый сектор экономики.



4 [The Mobile Economy Russia & CIS 2019](#), GSMA Intelligence, 2019

2 Спектр для 5G: ВКР и ключевые полосы для 5G

Наличие спектра в соответствующих диапазонах и в достаточном количестве является необходимым условием для запуска любой коммерческой мобильной сети. Выделение нового спектра стало фундаментальным требованием для мобильной индустрии в целях повышения пропускной способности и улучшения мобильной широкополосной связи, особенно в условиях резкого роста спроса на мобильную передачу данных на рынках по всему миру. Потребность в новом спектре приобрела еще большее значение, поскольку страны по всему миру начинают выделять спектр для 5G.

2.1 Подходящие полосы частот для 5G

Сети 5G нуждаются в спектре в низких, средних и высоких диапазонах, чтобы обеспечить широкое покрытие и достаточную емкость для поддержки всех сценариев использования. Все три типа диапазонов играют важную роль:

- **Низкие диапазоны частот** (ниже 1 ГГц): поддерживают широкое покрытие в городских, пригородных и сельских районах и помогают обеспечивать предоставление услуг Интернета вещей. Без этого спектра услуги 5G с трудом смогут быть доступны за пределами городских центров и глубоко внутри зданий.
- **Средние диапазоны частот** (1–6 ГГц): обычно обеспечивают хорошее сочетание преимуществ покрытия и емкости. Большинство коммерческих сетей 5G полагаются на спектр в диапазоне 3,3–3,8 ГГц. Другие диапазоны, которые могут быть назначены операторам 5G или переиспользованы ими при внедрении тех. нейтральности, включают 1800 МГц, 2,3 ГГц и 2,6 ГГц. В долгосрочной перспективе требуется больше спектра в диапазонах от 3 до 24 ГГц для поддержания качества обслуживания 5G и удовлетворения растущего спроса.
- **Высокие диапазоны частот** (24 ГГц и выше): необходимы для удовлетворения сверхвысоких широкополосных скоростей, предусмотренных для 5G. Спектр в высоких диапазонах или диапазонах миллиметровых длин волн (mmWave) имеет преимущество в обеспечении очень высоких скоростей передачи данных, но имеет свои ограничения вследствие особенностей распространения радиоволн и потерь при проникновении сквозь стены; сигналы mmWave распространяются на относительно короткие расстояния и подвержены потерям от таких объектов, как деревья и здания. В настоящее время диапазоны 26, 28 и 40 ГГц имеют наибольшую международную поддержку и перспективы внедрения.

Индустрия мобильной связи нацелена на достижение гармонизированного выделения спектра на всех рынках и в различных регионах. Преимущество гармонизации спектра заключается в том, что это обычно приводит к гораздо более широкой экосистеме с точки зрения технологий, оборудования и общих

инженерных знаний. Это, в свою очередь, приносит пользу операторам и конечным пользователям за счет достижения значительной экономии за счет масштабов производства, снижения затрат на развертывание и более быстрого предоставления новых услуг.

2.2 Сколько спектра нужно для 5G?

Главным компонентом эволюции всех поколений мобильных технологий стало использование все более широких полос частот для обеспечения более высоких скоростей и больших объемов трафика.

По замыслу, для оптимальной работы NR 5G требуются широкие, непрерывные блоки частот. Для удовлетворения требований к производительности сетей в сценариях использования 5G требуется 80–100 МГц спектра на одного оператора. В настоящее время МСЭ рекомендует регулирующим органам максимально приблизиться к назначению 100 МГц для каждого оператора в средних диапазонах 5G.

Назначение достаточного количества спектра в низких, средних и высоких диапазонах для каждого оператора имеет следующие преимущества:

- повышенная скорость передачи данных для поддержки использования eMBB с типовым значением пользовательской скорости передачи данных 100 Мбит/с

- снижение сложности радиочасти терминала и его энергопотребления (по сравнению с агрегацией несущих с использованием несмежных каналов)
- экономически эффективное развертывание с возможностью поддержки новых сервисов, таких как URLLC, и таких возможностей, как подключение базовых станций 5G NR к транспортной сети в рамках одного радиointерфейса вместе с обслуживанием абонентов.

Предоставление меньшего количества спектра снижает пиковые скорости передачи данных в сети, в то же время значительно увеличивая число сайтов сотовой связи, требуемых для типового развертывания. Наряду с наличием требуемого количества спектра в средних диапазонах, дополнительный 1 ГГц в диапазонах mmWave лучше всего обеспечит предоставление самых высокоскоростных сервисов 5G.

2.3 Какие диапазоны частот рассматриваются для 5G?

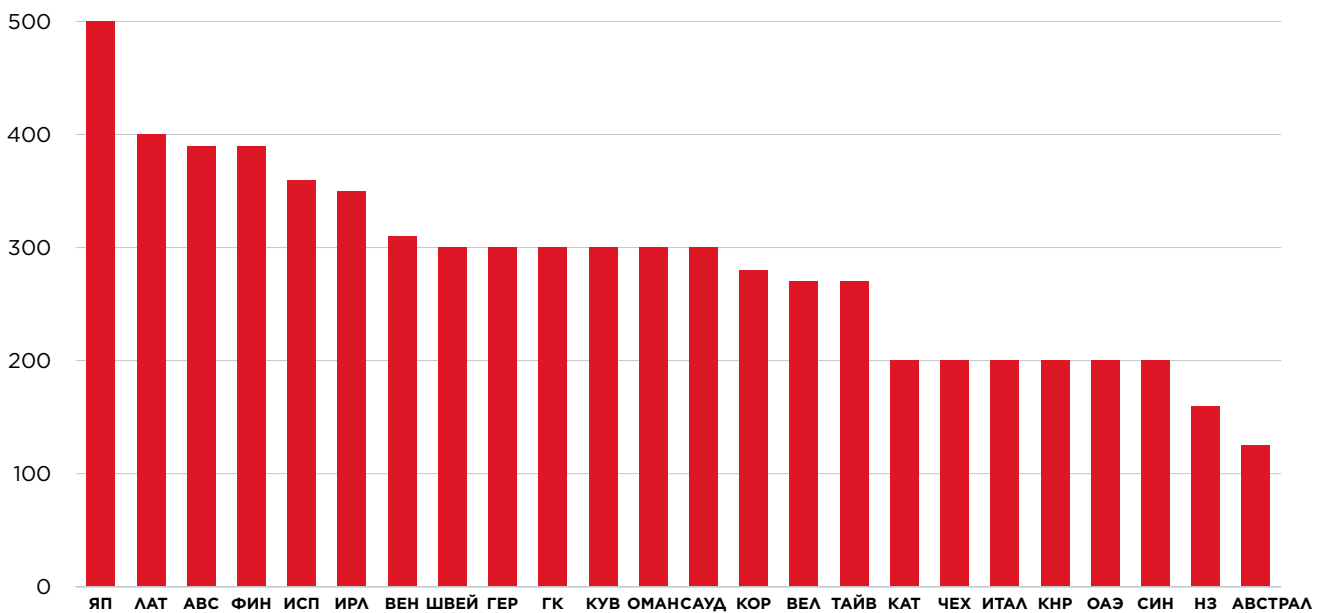
Регуляторы по всему миру разрабатывают свои планы по предоставлению радиочастотного спектра для 5G, и все большее число стран реализуют процедуры выделения полос частот. На конкретных рынках для 5G рассматривается ряд различных диапазонов, причем большинство из них находятся в средних или высоких диапазонах:

- **Низкие диапазоны:** Европейская комиссия поддерживает использование диапазона 700 МГц для 5G. Данная полоса уже была распределена между операторами в семи странах. В США оператор T-Mobile уже использует спектр 600 МГц для 5G по всей стране.
- **Средние диапазоны:** диапазон 3,5 ГГц внедряется в нескольких странах и регионах. В дополнение к этому:
 - В некоторых странах, таких как Китай и Япония, планируется использовать спектр в диапазоне 4,5–5 ГГц в дополнение к 3,5 ГГц и 2,6 ГГц для 5G
 - Все большее число стран рассматривают возможность использования диапазона 3,8–4,2 ГГц
- Существует также интерес к выделению для 5G диапазонов 2,3 ГГц и 2,5/2,6 ГГц.⁵
- **Высокие диапазоны:** спектр в верхних диапазонах назначен на сегодняшний день только в ограниченном числе стран. Италия является первым европейским рынком, который назначил спектр в диапазоне 26 ГГц, ряд других европейских стран должны определиться с назначениями позже в 2020 году. Ведущие рынки 5G, такие как США, Южная Корея и Япония, имеют назначения в диапазоне mmWave, и операторы (особенно в США) довольно быстро перешли к использованию этих полос.

На глобальном уровне полоса частот 3,5 ГГц стала ключевой полосой для 5G, и 24 страны уже распределили спектр в этой полосе. В 14 из них операторы уже запустили сети 5G, использующие этот диапазон.

Рисунок 7

спектр 5G, выделенный в диапазоне 3,5 ГГц по странам



Источник: GSMA Intelligence, данные регулирующих органов

⁵ "FCC pushing to open up the 2.5 GHz band for 5G", RCR Wireless, June 2019

2.4 Важность диапазона 3,5 ГГц

Чтобы полностью реализовать потенциал 5G, высокоскоростные услуги eMBB должны быть способны обеспечивать пиковую скорость загрузки не менее 20 Гбит/с, надежное подключение пользователей при скорости передачи данных 100 Мбит/с в городских районах и задержку в 4 миллисекунды.⁶

Диапазон 3,5 ГГц сегодня широко рассматривается как предлагающий оптимальный баланс между покрытием и емкостью. В результате он может обеспечивать реализацию целого ряда потенциальных сценариев использования помимо eMBB, включая поддержку локальных сетей в определенных отраслях.

Текущее использование более широкого диапазона 3,5 ГГц (3,3–4,2 ГГц) варьируется в разных странах мира. Этот диапазон обеспечивает самую большую непрерывную полосу, доступную для 5G в диапазоне ниже 6 ГГц. Основными пользователями данной части спектра (кроме услуг мобильной связи) являются сети фиксированной спутниковой службы. Части диапазона также используются для радиолокации и фиксированной службы (в основном для связи типа точка-многоточка или беспроводной широкополосной связи).

- В Европе диапазон 3400–3800 МГц принят в качестве основного диапазона для 5G. Некоторые администрации связи в Европе рассматривают возможность использования для 5G дополнительного спектра в средних частотах в диапазоне 3800–4200 МГц. Великобритания начала процедуры назначения для этого диапазона.
- Регулирующие органы в странах Ближнего Востока и Северной Африки также решили, что диапазон 3300–3800 МГц является ключевым для внедрения 5G. Пять коммерческих сетей были запущены в диапазоне 3300–3800 МГц, в то время как некоторые администрации также рассматривают возможности в диапазоне 3800–4200 МГц.

- Диапазон 3400–3600 МГц уже определен для 5G в африканских странах, хотя сегодня он преимущественно используется для услуг ФБД. Страны находятся в процессе перехода к нормативным правилам для обеспечения использования мобильной связи.
- В США диапазон 3550–3700 МГц (полоса CBRS) стал доступен для 5G для совместного использования. При этом планы по высвобождению диапазона 3700–3980 МГц для 5G были объявлены FCC в феврале 2020 года.
- Южная Корея провела аукцион по распределению диапазона 3,4–3,7 ГГц для использования 5G в 2018 году. Регулятор объявил о планах выделить еще 320 МГц в диапазонах 3,40–3,42 ГГц и 3,7–4,0 ГГц к 2021 году. В результате для операторов будет доступно 600 МГц непрерывного спектра в среднем диапазоне частот.
- Большинство латиноамериканских рынков планируют присвоить 5G весь диапазон частот 3300–3800 МГц или его часть.

Наибольший прогресс с назначением диапазона 3,5 ГГц наблюдается в Европе, где он был идентифицирован как первостепенный диапазон 5G. Почти 140 операторов в настоящее время инвестируют в сети 5G в диапазоне 3300–4200 МГц по всему миру; 43 из них внедряют или уже запустили сети 5G, использующие этот спектр.

6 ITU. Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), ITU, 2017

2.5 Высвобождение полос частот для 5G

Во многих странах в приоритетных диапазонах 5G уже есть действующие пользователи, поэтому достижение вышеупомянутых целевых показателей с точки зрения количества спектра на одного оператора может быть сложной задачей. Очень важно, чтобы регуляторы приложили все усилия, чтобы сделать этот спектр доступным для использования 5G – особенно в диапазоне 3,5 ГГц (3,3–3,8 ГГц). Достижение этой цели может включать в себя ряд подходов:

- предоставление стимулов для действующих пользователей для освобождения ими занимаемых полос частот
- перевод действующих пользователей в альтернативные диапазоны или в отдельный блок внутри используемого диапазона
- разрешение действующим пользователям перепродажи своих лицензий на пользование спектром операторам мобильной связи.

GSMA рекомендует, в тех случаях, когда распределение спектра осложняется наличием действующих пользователей (во всем диапазоне либо в его части), в консультации с заинтересованными сторонами разработать долгосрочные дорожные карты 5G в консультации с заинтересованными сторонами, чтобы операторы могли понять, какой объем спектра будет

предоставлен и когда. Помимо ясности того, что будет происходить с действующими пользователями диапазона, это поможет в принятии решений по перепродаже спектра.

Нескольким европейским странам удалось высвободить и дефрагментировать полосу частот 3,4–3,8 ГГц. Сделанный ранее Европейской конференцией администраций почтовых служб и служб связи (CEPT) обзор использования С-диапазона подтвердил его значительную фрагментацию в ряде стран и необходимость принятия своевременных решений, обеспечивающих доступность более широкой полосы частот для 5G к 2020 году на национальной основе.⁷

Кроме того, группа по политике в области радиочастотного спектра (RSPG), работающая в рамках Европейской комиссии (ЕК), предложила европейским администрациям рассмотреть возможность совмещения с земными станциями FSS, используя технический инструментарий, разработанный ЕК, для случаев, когда высвобождение полос частот является достаточно сложным. RSPG рекомендовала администрациям рассмотреть вопрос о перемещении действующих пользователей спектра в другую полосу частот выше 3800 МГц, либо изменить их географическое положение с целью обеспечения значительной доступности этой полосы частот к 2020 году.

Высвобождение полосы частот 3,4–3,8 ГГц в Великобритании

Великобритания изначально сделала полосу частот 3410–3600 МГц доступной для мобильных сетей, а затем к концу 2019 года и полосу 3600–3800 МГц.

В 2016 году в соответствии с решением Евросоюза 2014/276/EU Великобритания инициировала работу по предоставлению еще не назначенного для сетей сотовой связи спектра в диапазоне 3600–3800 МГц для будущих мобильных применений, включая 5G. В октябре 2017 года Великобритания подтвердила свой подход к предоставлению полосы частот для мобильной связи и начала предусмотренный законом процесс уведомления действующих пользователей о предлагаемых отзывах и/или изменениях их лицензий.

Приняв во внимание отзывы заинтересованных участников рынка, в феврале 2018 года Великобритания опубликовала обновленную информацию с изложением итогов своего решения:

- как и было изначально предложено, Великобритания уведомила об отзыве всех 24 лицензий на фиксированные линии в данной полосе, с датой вступления в силу 23 декабря 2022 года
- Великобритания также внесла изменения в 12 постоянных лицензий на земные станции
- Было предложено три специальных лицензии на беспомеховую работу приемных земных станций (RSA) с датой вступления в силу 1 июня 2020 года. Великобритания внесла изменения в одну лицензию RSA с датой вступления в силу 1 сентября 2020 года.

2.6 Распределение спектра: лучшие практики

GSMA выпустила документ для правительств и регулирующих органов, излагающий лучшие практики, в частности, отразив вновь повышенный интерес к аукционам, поскольку рынки во всем мире готовятся к внедрению 5G.⁸ Спектр в большинстве стран мира назначается по результатам проведения аукционов, где плата за спектр может включать в себя единовременные платежи авансом, а затем ряд отложенных платежей. В некоторых случаях взимается ежегодная плата за использование спектра.

В данном документе также рассматривается тенденция к тому, как правительства искусственно завышают цены на спектр, что приводит к более низким темпам развертывания сетей, ухудшению скорости и покрытия.⁹ Также возможно искусственное ограничение количества спектра, к которому операторы могут получить доступ, что приводит к повышенному спросу (например, из-за недостаточного высвобождения спектра, зарезервированного спектра, неправильно выбранных размеров лотов и завышению стоимости из-за высокой стартовой цены).

Что касается присвоения и проведения аукционов на полосы частот для 5G на сегодняшний день, то существуют значительные различия в количестве назначенного спектра, подходах к выделению и плате за спектр:

- **Размер полосы частот** – Ситуация может существенно отличаться на уровне страны и оператора из-за дефрагментации и сложности в высвобождении С-диапазона, что, в свою очередь, замедляет высвобождение и ограничивает количество выделяемого спектра. В то время как некоторые страны высвободили почти весь диапазон 3,4–3,8 ГГц одновременно (например, Финляндия), другие приняли двухфазный подход (например, Италия, Великобритания и Чешская Республика). Это означает, что на операторском уровне распределение спектра существенно варьируется: от всего лишь 20 МГц в Италии до 130 МГц в Финляндии.
- **Подходы к выделению спектра** – Хотя эксклюзивное выделение полос частот по-прежнему является основным механизмом выделения спектра для 5G в Европе, интерес к совместному использованию спектра растет. Такие страны, как Финляндия и Италия, применили подход совместного использования спектра только для новых лицензий для 5G, в то время как Великобритания начала предоставлять аналогичный подход как для новых, так и для уже назначенных полос.
- Новым подходом, который наблюдается на некоторых европейских рынках, является резервирование спектра в ключевых полосах 5G для промышленных

предприятий. Это обусловлено желанием некоторых предприятий управлять своими сетями. Однако резервирование спектра для локализованных применений рассматривается как риск в двух аспектах: фрагментация и дефицит спектра. Объем спектра, оставшийся для распределения операторам, может не позволить получить необходимую ширину полосы для оптимального предоставления услуг 5G, и, вероятно, приведет к росту цен на спектр. В качестве альтернативы, некоторые страны (например, Финляндия) выбрали подход совместного использования спектра, когда условия по лизингу спектра включены в лицензии операторов.

- **Стоимость спектр** – Различные подходы к выделению спектра также оказали значительное влияние на стоимость спектра. Аукционы в Италии и Финляндии привели к двум совершенно разным результатам. В то время как Финляндия продала 390 МГц основного спектра С-диапазона за 77,6 млн. Евро, в Италии операторы заплатили 4,3 млрд. евро за 200 МГц – в 56 раз больше за вдвое меньший объем спектра. Это было обусловлено схемой аукциона – небольшое количество спектра, выставленное на аукцион в Италии, и различие в размерах лотов создали искусственный дефицит и давление, так как участники стремились выиграть два лота по 80 МГц. В то время как операторы, как правило, готовы платить больше за спектр на рынках, где доходы выше, в Италии и Финляндии это неравенство кажется чрезмерным: в Италии в 2018 году доходы мобильного сектора были только в пять раз выше, чем в Финляндии.

С точки зрения стоимости спектра на аукционе, другим примечательным примером является Германия, где резервирование спектра в ключевом диапазоне 5G для промышленных предприятий привело к росту цен. Данная ситуация еще больше усугублялась выигрышной заявкой от нового оператора (не подпадающего под обязательства по минимальному покрытию, наложенные на трех действующих операторов). В результате искусственно созданного дефицита операторы мобильной связи заплатили 3,59 млрд евро за 300 МГц спектра.

⁸ [Auction Best Practice](#), GSMA, 2019

⁹ <https://www.gsma.com/spectrum/resources/effective-spectrum-pricing/>

Аукцион в диапазоне 3,4–3,8 ГГц в Финляндии

С точки зрения объема спектра и его стоимости Финляндия представляет собой положительный пример рынка, в котором был присвоен спектр для 5G:

- **Количество спектра** – Финляндия выставила на аукцион в 2018 году 390 МГц спектра, причем каждый оператор получил по 130 МГц. Это значительно выше, чем 100 МГц в среднем диапазоне, рекомендованные МСЭ. Более того, это самый большой объем спектра, который любой оператор в настоящее время получил в С-диапазоне с помощью аукциона.

- **Стоимость спектра** – Из расчета \$/МГц/чел./год (ППС) финские операторы заплатили только 0.003 долл. США. Для сравнения: Италия заплатила в размере 0,03 долларов США, Германия – 0,01 долл. США и Тайвань – 0,07 долл. США (эта стоимость является самой высокой в мире до сих пор). Сравнение со стартовыми ценами важно, поскольку финские операторы заплатили лишь немного больше, чем стартовая цена аукциона, а оператор DNA при этом приобрел спектр по стартовой цене. Стартовая цена всего спектра составила 65 миллионов евро, а общая выручка от аукциона – 77,6 миллиона евро.

Аукционы в диапазоне 3,4–3,8 ГГц в Австрии

Австрия завершила свой первый аукцион по спектру для 5G в 2019 году. Как и в Финляндии, он примечателен с точки зрения количества спектра и цены за него:

- **Количество спектра** – Три оператора мобильной связи в Австрии получили по 100–140 МГц спектра, что опять же соответствует или в некоторых случаях превышает рекомендованный размер в 100 МГц. Аукцион был организован по региональному принципу: Hutchison выиграл 100 МГц в каждом регионе, T-Mobile – 110 МГц и A1 – до 140 МГц в некоторых районах (включая Вену).

- **Стоимость спектра** – Общая сумма, выплаченная на аукционе, составила 188 миллионов евро. Из расчета \$/МГц/чел./год (ППС) австрийские операторы заплатили 0,004 долл. США. Это ниже ряда других европейских рынков, включая Италию и Германию.

Совсем недавно некоторые местные органы власти в Австрии объявили о планах субсидировать развертывание 5G. В период с 1 июля 2020 года по 30 июня 2022 года муниципальное правительство Вены будет субсидировать 240 сайтов 5G на оператора с выплатой 5000 евро в год в течение пяти лет (25 000 евро за сайт). Общая субсидия составляет 19,8 млн. евро. Чтобы претендовать на этот платеж, сайты должны быть расположены на территории муниципальной собственности.

2.7 Варианты для распределения спектра на ВКР-23 и далее

Всемирная конференция радиосвязи 2023 года (ВКР-23) станет ключевой возможностью для решения открытых вопросов, связанных со спектром для сетей 5G.

В то время как предыдущая ВКР-19, определила спектр для сетей 5G высокой емкости, ВКР-23 рассмотрит средние и низкие полосы частот. Также планируется решить вопросы дальнейшей гармонизации и тем самым повысить доступность новых услуг. Рассматриваемые полосы частот ВКР-23 в Районе 1: 470–960 МГц, 3300–3400 МГц, 3600–3800 МГц, 4800–4990 МГц и 6425–7125 МГц.

Спектр в диапазоне 3,5 ГГц (3,3–4,2 ГГц) обеспечивает хороший баланс покрытия и емкости, и как отмечалось ранее, уже используется для коммерческих услуг 5G во все большем числе стран. Дальнейшая гармонизация этого диапазона будет возможна на ВКР-23.



2.8 Решения для совместного использования

Рост мобильного трафика данных – тенденция, которая должна ускориться с повсеместным запуском сетей 5G. Это означает, что операторы нуждаются в доступе к все большим объемам спектра для удовлетворения спроса.

Хотя высвобождение соответствующих полос спектра всегда должно быть в приоритете, совместное использование спектра может быть решением, когда высвобождение полосы невозможно или потребует времени. Совместное использование спектра может позволить мобильным операторам получить доступ к дополнительным участкам спектра в определенных локациях в то время, когда другие службы не используют его.

Возможность совместного использования спектра мобильными операторами с действующими пользователями зависит от самих служб, степени их развертывания и предполагаемого типа совместного использования (в одном канале или в соседних каналах).

Таблица 3

Возможность совместного использования полосы 3300–4200 МГц сетями 5G и действующими службами

Действующие службы	Соканальное	В соседнем канале
ФСС (ограниченное по территории развертывание ЗС)	Да, при детальной координации/наличии технических мер для снижения помех	Да, при детальной координации/наличии технических мер для снижения помех
ФСС (повсеместное развертывание ФСС, в т.ч. TVRO и VSAT)	Нет	Да, при наличии достаточной величины защитной полосы
ФС (ограниченное по территории развертывание линий фиксированной связи типа «точка-точка»)	Да, при детальной координации/наличии технических мер для снижения помех	Да, при детальной координации/наличии технических мер для снижения помех
ФС (повсеместное развертывание линий фиксированной связи типа «точка-точка»)	Нет	Да, при наличии достаточной величины защитной полосы
ФС («точка-многоточка»/ФБД)	Да, при наличии мер снижения помех (в т.ч. синхронизация)	Да
Радиолокация /радары	Вероятно, при детальной координации	Возможно, при детальной координации

Источник: GSMA Примечание: ФСС = Фиксированная Спутниковая Служба, ФС = Фиксированная Служба.

Несмотря на свою потенциальную пользу в некоторых ситуациях, до настоящего времени совместное использование спектра применялось относительно ограниченно. Первоначальные испытания дали регуляторам важные сведения для продвижения совместного использования с целью поддержки растущей популярности сетей 5G. Совместное использование с географическим разделением может быть принято в тех случаях, когда действующие службы развернуты на ограниченной территории, либо могут быть выведены для работы только в сельской местности. Высвобожденный спектр может затем использоваться в городских центрах и районах для развертывания 5G при достаточном разнесении между мобильными сетями и действующими службами.

GSMA подчеркивает важность разработки правил совместного использования, которые определяют участников совместного использования, их права на спектр и ограничения на его использование.¹⁰ Параметрами в такой схеме могут быть:

- **Число уровней доступа к спектру** – Двухуровневые модели включают в себя одного действующего пользователя и один класс пользователя для совместного использования. Некоторые модели добавляют третий уровень с еще более урезанными правами доступа (например, маломощные использования).
- **Гарантии доступа** – Правила совместного использования определяют гарантии доступа для пользователей различных уровней. Данные гарантии могут быть прописаны в условиях лицензий для обеспечения их выполнения и достижения высокого качества обслуживания (QoS).
- **Условия доступа, технические условия и плата за спектр (если предусмотрена)** – Данные факторы определяют, в каких географических областях пользователи могут работать, как долго и по какой цене (например, когда уровень доступа лицензирован) путем задания определенных технических условий (например, уровни мощности), которые влияют на покрытие.

Существует три основных типа совместного использования спектра:

- **Тип на основе CBRS** – Планируемый подход CBRS (Citizens Broadband Radio Service) в США в полосе 3,5 ГГц поддерживает три уровня с использованием динамического совместного использования спектра.

- **Лицензируемый совместный доступ** – Действующие пользователи спектра могут сублицензировать спектр другим пользователям контролируемым образом. Эта модель изначально разрабатывалась в Европе для диапазона 2,3 ГГц. Она имеет два уровня для действующих и для вторичных пользователей (например, операторов мобильной связи), которым разрешается использовать спектр в тех областях, где он доступен.
- **Конкурентный совместный доступ к спектру (клубное лицензирование)** – В отличие от подходов, описанных выше, этот дает возможность использовать спектр только одному классу пользователей, позволяя им совместно использовать спектр путем координации. Это позволяет операторам совместно использовать спектр для повышения скорости передачи данных и эффективности использования спектра.

Методы совместного использования, такие как лицензируемый совместный доступ к спектру (LSA), также могут предложить решение с помощью введения активного контроля помех посредством использования баз данных геолокации и технологий сенсинга. Примеры инициатив, включающих такие методы: CBRS в полосе 3,5 ГГц в США и схема LSA в ЕС. Тем не менее, по-прежнему существует определенная степень скептицизма в отношении этих методов; для того, чтобы они стали общепринятыми, потребуется больше уверенности и доверия. LSA еще не был реализован в полосе 3,5 ГГц, но может стать решением на таких рынках, как Россия, где полное высвобождение полосы не является достижимым. По мере развития 5G роль более гибких схем совместного доступа к спектру может возрасти на большем количестве рынков.

Хотя совместное использование спектра обладает потенциалом, оно не может заменить потребность в эксклюзивном лицензировании (когда спектр закрепляется за одним пользователем). Глобальный успех мобильных услуг основан на эксклюзивном лицензировании спектра, поскольку оно обеспечивает широкое распространение и высокое качество услуг, а также дает определенность, необходимую для долгосрочных, крупных инвестиций в сети. Однако совместное использование может играть дополняющую роль по отношению к традиционному лицензированию спектра, предоставляя мобильным службам доступ к новым полосам, где нет других доступных альтернатив.

10 [Spectrum Sharing](#), GSMA, 2019



2.9 Проблемы использования диапазона 4,8 ГГц

Полоса 4800–4990 МГц (диапазон 4,8 ГГц) была впервые идентифицирована для ИМТ¹¹ на ВКР-15, но лишь в трех странах. Идентификация ИМТ была сопряжена со строгими пределами плотности потока мощности (ППМ),¹² что усложнило бы использование этой полосы для покрытия вне помещений и макро-сот. Кроме того, страны, желающие использовать эту полосу для ИМТ, должны координировать свои действия с соседними, чтобы не создавать недопустимых помех. Одно из требований заключается в том, что станции ИМТ не должны требовать защиты от станций других применений подвижной службы.

На ВКР-19 использование этой полосы было пересмотрено. Ряд новых стран заявили об использовании ИМТ в данном диапазоне, включая Россию. Всем странам, подавшим заявку до ВКР, ограничения по ППМ были отменены, благодаря чему в этой полосе стало возможным использование макросот для организации внешнего покрытия для сетей 5G. Однако необходимость координации с соседними странами была сохранена, а также осталось условие, что станции ИМТ не должны требовать защиты от станций других применений подвижной службы. Ряд дополнительных стран пожелали обозначить использование этой полосы на ВКР-19, но им не было разрешено отказаться от ограничения по ППМ. Долгосрочная перспектива этой полосы будет обсуждаться на ВКР-23.

В настоящее время международная картина фрагментирована. Два ряда стран имеют возможность использовать спектр в данном диапазоне для мобильных служб двумя различными способами. Различные условия использования диапазона означают, что будет трудно создать общее оборудование для этих двух групп стран. Существует также третья группа стран, где иные службы требуют защиты от помех в данном диапазоне.

Поскольку 11 стран в настоящее время не подпадают под ограничение по ППМ, ВКР-23 должна решить, можно ли смягчить условия в этой полосе для большего числа стран. Если этого не произойдет, развитие мобильной экосистемы может быть ограничено (даже несмотря на то, что в этих 11 странах проживает значительная часть населения). Стоит отметить, что в группу стран, не желающих развивать эту полосу для 5G, входят многие страны-ранние адепты внедрения сетей 5G, которые сыграли большую роль для других стран в

создании масштаба внедрения и снижении затрат на оборудование. К ним относятся страны Европы и части Восточной Азии; по крайней мере, в краткосрочной и среднесрочной перспективе диапазон 4,8 ГГц вряд ли получит поддержку этих стран в полном объеме.¹³

Хотя Россия на сегодняшний день не обязана соблюдать ограничения по ППМ, примечание 5.441В РР гласит, что она все равно должна координировать свои действия со своими соседями при развертывании 5G в данной полосе. Это ограничит развертывание сетей 5G в России в географическом смысле, т.к. необходимые координационные расстояния составляют до 450 километров от границы.

Данное требование обусловлено применением положения 9.21 РР МСЭ, которое применяется «для любой станции радиослужбы, в отношении которой требование о достижении согласия с другими администрациями включено в примечание к Таблице распределения частот со ссылками на данное положение».¹⁴

Каждая базовая станция, использующая этот диапазон в пределах оговоренного расстояния до границы, должна быть скоординирована с затронутыми соседними странами. В примечании к диапазону 4,8–4,99 ГГц¹⁵ в регламенте МСЭ указано, что координация должна осуществляться с любыми другими применениями подвижной службы, включая системы связи на воздушных судах.

В дополнение к этому требованию в решениях ВКР-19¹⁶ оговариваются расстояния от границы, на которых требуется координация. Они составляют 300 километров

11 ИМТ - общий термин МСЭ, используемый для обозначения широкополосного доступа 3G/4G и с недавних пор мобильных услуг 5G.

12 Примечание 5.441В РР гласит, что страны, использующие данную полосу, должны обеспечить, «чтобы плотность потока мощности, создаваемая этой станцией, не превышала $-155 \text{ дБ}(\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot 1 \text{ МГц})$ на высоте до 19 км над уровнем моря на расстоянии 20 км от побережья».

13 Однако Федеральная комиссия по связи США рассматривает возможность предоставления части этой полосы от 4940–4990 МГц.

14 Регламент радиосвязи, МСЭ, Статья 9, Положение 9.21 РР

15 Примечание 5.441В РР

16 См. Раздел «решает» п. 3 и 4 Резолюции 22 (ВКР-19)

от сухопутной границы или 450 километров от морской границы для защиты авиационных систем. Расстояние в 70 километров от границы предусмотрено для координации с наземными системами других стран. Таким образом, главным препятствием для ИМТ являются, по существу, авиационные системы, используемые в некоторых частях Европы, поскольку им будет позволено настаивать на том, чтобы никакие базовые станции ИМТ в России не оказывали влияние на их сети на расстоянии до 450 километров от их границы.

Международное регулирование полосы частот 4800–4990 МГц для 5G все еще находится в процессе разработки, и определенности, по крайней мере, в ближайшие три года не ожидается. Учитывая, что данный диапазон в настоящее время все еще используется для других служб, на ВКР-23 смягчение действующих правил никоим образом не гарантировано. К этому моменту станет понятнее, сформировался ли достаточный масштаб внедрения для обеспечения доступного и массового оборудования 5G в данной полосе.

Таблица 4

Статус полосы 4.8 – 4.99 ГГц в различных странах

Исходный список стран (ВКР-15), которые не подпадают под ограничение по ППМ, должны координировать свои действия с соседями

Камбоджа, Лаос, Вьетнам

Новые страны, добавленные на ВКР-19, которые не подпадают под ограничение по ППМ, должны координировать свои действия с соседями

Армения, Бразилия, Вьетнам, Зимбабве, Камбоджа, Китай, Казахстан, Лаос, Россия, Узбекистан, Южная Африка

Страны, в которых разрешено использование (ВКР-19) при условии соблюдения предела по ППМ и координации с соседними государствами

Ангола, Азербайджан, Бенин, Ботсвана, Буркина-Фасо, Бурунди, Джибути, Камерун, Кот-д'Ивуар, Democratic Republic Of Конго, Демократическая народная Республика Корея, Эсватини, Габон, Гамбия, Гвинея, Замбия, Иран, Кения, Киргизстан, Лесото, Либерия, Малави, Маврикий, Мозамбик, Монголия, Нигерия, Судан, Танзания, Того, Уганда

Источник: GSMA

Рынки, которые уже используют диапазон 4,8–4,99 ГГц для 5G или готовятся к такому использованию:

- Правительство Тайваня объявило о планах высвободить 100 МГц спектра в диапазоне 4,8–4,9 ГГц для государственных и частных организаций для тестирования приложений 5G.
- В Китае Министерство промышленности и информационных технологий (МИИТ) предоставило China Mobile спектр в диапазоне 4,8–4,99 ГГц, а China Broadcasting Network (CBN) – в диапазоне 4,9–4,96 ГГц.
- Hong Kong Telecom (НКТ) и China Mobile Hong Kong получили 40 МГц спектра в диапазоне 4,9 ГГц. Обе компании заявили, что будут использовать этот спектр для увеличения общей пропускной способности своих сетей, причем НКТ отметила его актуальность для двух регионов, где присутствие спутниковых земных станций может помешать использованию диапазона 3,5 ГГц. Все четыре оператора мобильной связи в Гонконге также владеют в общей сложности 200 МГц спектра в диапазоне 3,5 ГГц.
- В Японии диапазон частот 4,6–4,89 ГГц должен быть предоставлен в будущем для поддержки частных

локальных сетей 5G, а разрешение регулирующих органов на использование этого диапазона будет подтверждено позже в 2020 году. NTT DoCoMo имеет 100 МГц для 5G в диапазоне 4,5–4,6 ГГц. Диапазон частот 4,9–5 ГГц также доступен для безлицензионного использования, но операторы должны зарегистрироваться заранее для такого использования.

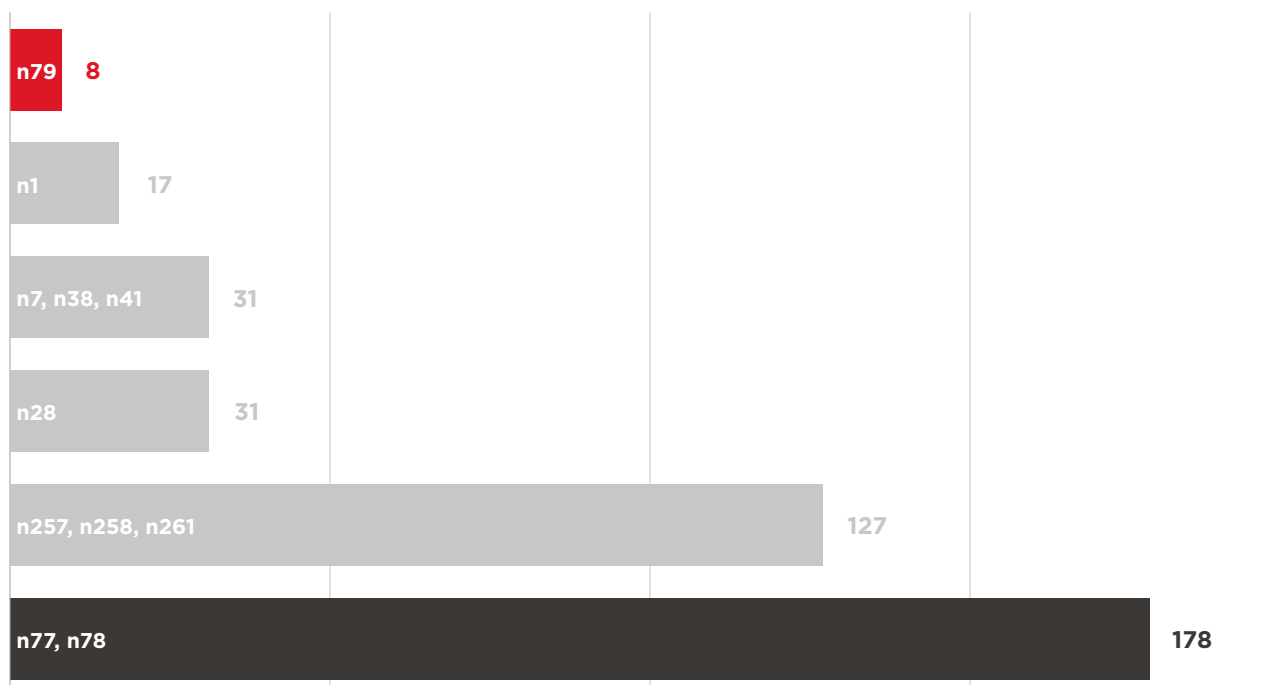
Из приведенной выше информации важно отметить, что во всех случаях спектр 4,8–4,99 ГГц был выделен главным образом в качестве резервного или дополнительного диапазона для 3,5 ГГц или для конкретных локализованных случаев использования. В Гонконге и Японии основным вариантом использования является локальное развертывание частных сетей. В Гонконге данный диапазон используется как дополнительный для обеспечения покрытия eMBB в конкретных местах, где существует проблема с помехами спутниковым службам.

China Mobile будет использовать спектр 4,8–4,99 ГГц, который она получила для создания частных сетей и локального покрытия внутри зданий, в то время как ее основная сеть 5G будет использовать диапазоны 700 МГц и 2,6 ГГц. China Mobile подписала соглашение о совместном строительстве и совместном использовании сети с CBN для строительства сети 5G на частотах 700 МГц, используя 80 МГц спектра в этом диапазоне, уже назначенного CBN. CBN намерена использовать спектр, полученный в диапазоне 4,8–4,99 ГГц, для предоставления интерактивных вещательных услуг и телевидения.

Что касается соответствующих диапазонов спектра, используемых в настоящее время для 5G, то данные GSA показывают, что подавляющее большинство операторов по всему миру используют диапазон 3,5 ГГц (идентифицируемый как n77 или n78). По состоянию на август 2020 года в С-диапазон инвестировали средства 178 операторов. Около 127 операторов использовали полосы частот 24250–29500 МГц (n257, n258 или n261). Только несколько операторов использовали диапазон n79 (4400–5000 МГц).

Рисунок 8

Использование диапазонов для сетей 5G



Источник: GSA Примечание: включает запущенные сети, выданные лицензии и планируемые к назначению

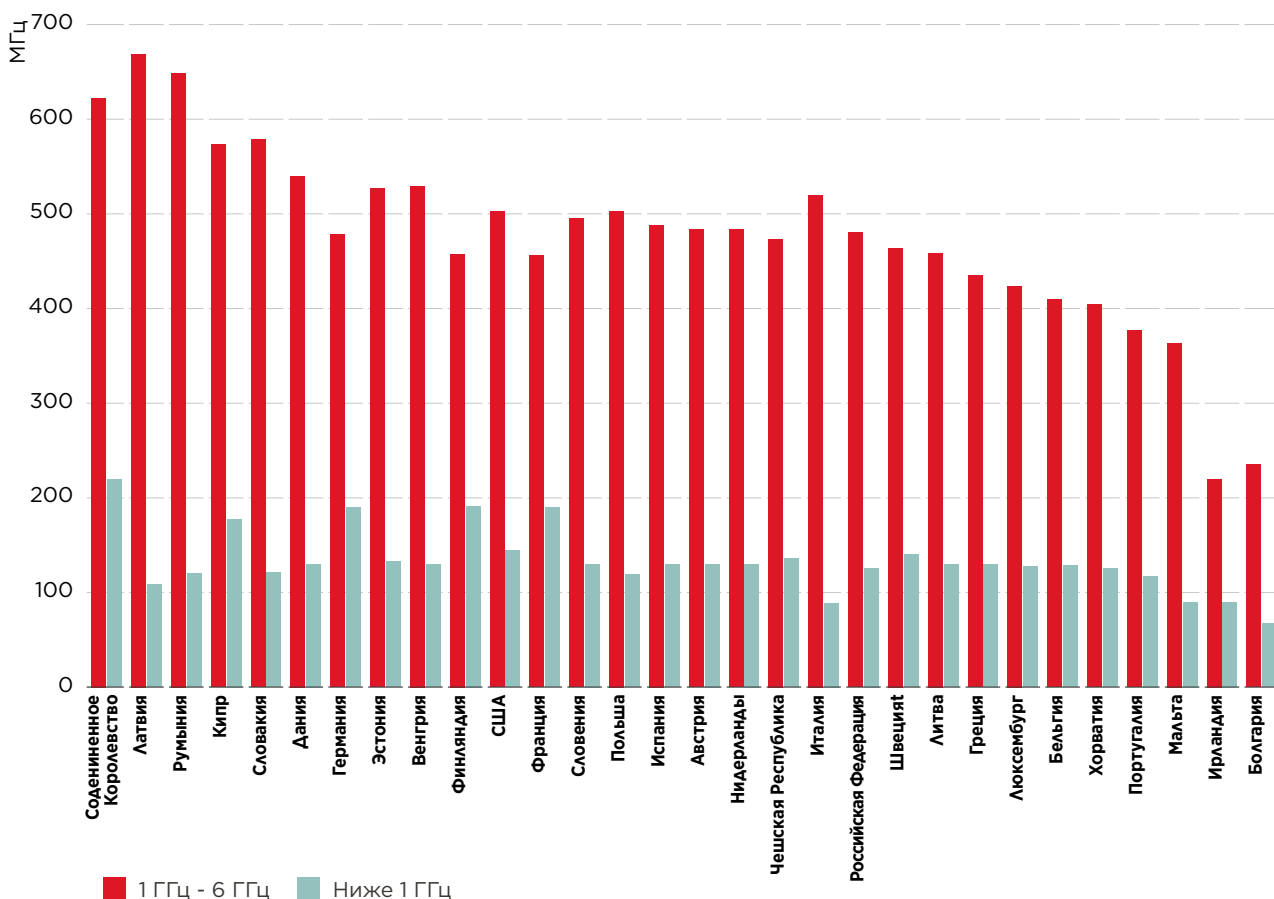
2.10 Объемы спектра на различных рынках

Одной из основных проблем по расширению покрытия LTE для российских операторов является ограниченный объем спектра в полосе ниже 1 ГГц. Существуют строгие ограничения на работу и расположение базовых станций в диапазоне 800 МГц из-за его использования государственными службами. На практике эти ограничения затрудняют использование этой полосы большинством операторов для узкополосных и широкополосных радиотехнологий. Для спектра в средней полосе ситуация лучше, хотя все еще существуют ограничения на определенные полосы и на некоторых конкретных территориях. На регуляторном уровне операторы должны получать разрешение на допустимые технические параметры базовых станций. Данное условие может нивелировать экономическую целесообразность разворачивать базовые станции с ограниченной выходной мощностью и зоной покрытия, которая приведет к ухудшению качества услуг для пользователей.

На Рисунке 9 показано количество частотных назначений на национальном уровне (исключая назначения в миллиметровом диапазоне) в 27 странах ЕС, Великобритании, России и США. В России и США, где лицензии присваиваются на региональном уровне, общенациональное количество спектра определяется путем взвешивания по численности населения относительно количества спектра в регионе. Это позволяет избежать повторного учета региональных назначений и делает возможным делать сравнение между странами. Многие страны уже назначили до 100 МГц 5G спектра в среднем диапазоне и до 1000 МГц в миллиметровом, но данные значения не включены в график ниже, чтобы сравнение с Россией было на равных условиях.

Рисунок 9

Общее число частотных назначений по странам: тех. нейтральные/2G/3G/4G, исключая 5G



Источник: GSMA



3 Развитие экосистемы 5G

Телекоммуникации – очень капиталоемкая отрасль. Наличие достаточного масштаба внедрения может обеспечить огромные выгоды для всех заинтересованных сторон, включая операторов, потребителей и предприятия, поскольку экосистема 5G продолжает развиваться.

Растущее глобальное внедрение 5G, по крайней мере там, где оно основано на гармонизированных диапазонах спектра, принесет значительную экономию за счет снижения затрат на развертывание и увеличения числа доступных по цене устройств. Масштаб внедрения также может зависеть от страны, в которой внедряется сеть 5G. Отдельные рынки с достаточным масштабом внедрения могут существенно влиять на глобальную траекторию развития 5G и сами способны достигать низких удельных затрат на развертывание сети. Оглядываясь назад на эволюцию 4G, американский рынок сыграл центральную роль в эволюции и зрелости сетей 4G. Это помогло США продвигать международные стандарты и реализовать значительную экономию масштаба внедрения для американских операторов и более широкой мобильной экосистемы.

Аналогичная картина наблюдается и с 5G, поскольку лидерство в области внедрения 5G наблюдается в наибольших масштабах в компонентах и устройствах, построенных в соответствии со спецификациями диапазонов спектра ведущих стран. Диапазон 3,5 ГГц явно становится предпочтительным для большинства рынков, на которых в настоящее время развертывается 5G. Неизбежно, что как потребительские устройства, так и компоненты радиосети будут иметь наибольшую доступность в этом диапазоне, особенно по сравнению с полосами с ограниченным внедрением.

3.1 Экономика операторов и 5G

Операторам необходим возврат значительных инвестиций в сети 5G. Значительные новые инвестиции требуются в то время, когда многие операторы все еще стремятся полностью монетизировать свои инвестиции в сети LTE – это ситуация, которая, безусловно, применима к России.

И без того непростые операционные перспективы еще больше омрачены пандемией Covid-19 и последовавшей за ней самоизоляцией, которая затронула всех российских операторов и в некоторых случаях вынудила их пересмотреть финансовые планы на этот год.

Более высокие уровни капитальных вложений, необходимые для 5G, будут зависеть от целого ряда факторов. Например, использование более высоких диапазонов частот с более узкими полосами будет означать, что 5G необходимо уплотнение сети для формирования планируемого покрытия. Учитывая, что потенциальная дальность для миллиметрового диапазона в некоторых случаях может составлять всего 100 метров, потребуется строительство большего количества малых сот, особенно для использования внутри помещений.

Уплотнение сети вызывает потребность в надежных транспортных решениях с высокой пропускной способностью и дополнительных сайтах. В эпоху 5G наряду с важностью транспортной сети для backhaul в ближайшие несколько лет будет возрастать также и значение транспорта для fronthaul. Стоимость добавления новых сайтов будет варьироваться в зависимости от страны и от операторов. Степень

уплотнения также будет частично отражать сценарии использования и рыночный спрос, а также конкретные полосы спектра, доступные на конкретном рынке.

Особая проблема, с которой сталкиваются мобильные операторы при оценке будущих уровней инвестиций, касается масштаба внедрения и стоимости перехода на полностью виртуализированную сетевую архитектуру 5G, а также стоимость развертывания дополнительных функций, таких как возможности периферийных вычислений. Операторы обычно ищут надежное экономическое обоснование с четко определенными источниками и размерами доходов, прежде чем вкладывать значительные инвестиции, например, в переход к развертыванию распределенной периферийной/облачной инфраструктуры. Хотя данный подход выглядит разумным с чисто финансовой точки зрения, он может вызвать инерционность в реализации новых инициатив. В стремительно развивающемся мире 5G и цифровизации промышленности это может привести к тому, что операторы полностью упустят свою возможность. Это может стать отдельной проблемой для России, которая, вероятно, будет отставать от мировых и региональных лидеров по развертыванию 5G и, как следствие, рискует упустить возможность получить новые доходы от появляющихся услуг 5G.

3.2 Стоимость и доступность устройств 5G

Первоначально цены на мобильные устройства 5G были значительно выше, чем на устройства 4G. Стоимость некоторых моделей превышала 1000 долларов США, а большинство стоило дороже 750 долларов США, в то время как общая тенденция для цен на смартфоны заключалась в неуклонном снижении средней стоимости. Стоимость устройств 5G сейчас начинает падать, в частности, в Китае появляются более дешевые устройства (по цене 300–600 долларов).

Более высокая стоимость устройств 5G обычно отражает высокие затраты на комплектующие, затраты на НИОКР и большую сложность из-за необходимости интеграции нескольких антенн, способных работать на различных частотах. В краткосрочной перспективе отсутствие масштабов производства будет держать затраты на высоком уровне, пока внедрение сетей 5G не станет массовым.

Радиомодем и антенны, необходимые для 5G, стоят дороже, чем для 4G. Например, цены на чипсеты 5G от Qualcomm и MediaTek, двух крупнейших вендоров процессоров для смартфонов, оцениваются на 60–80 долл. США выше, чем для 4G. Помимо сложности антенн стоимость модулей цифровой обработки и РЧ усилителей¹⁷ также, как правило, выше.

Стоимость устройств 5G уже начала падать, поскольку достигается экономия от масштаба внедрения и расширяется круг вендоров устройств 5G. Готовность и доступность интегрированных процессоров (приложений и цифровой обработки) также должны помочь снизить стоимость 5G. Однако стоимость РЧ-интерфейса 5G, вероятно, останется значительно выше по сравнению с предшествующими модулями 4G из-за их сложности (блоки цифровой обработки сигнала 5G в настоящее время стоят примерно вдвое дороже, чем для устройств 3G / 4G).

Основными преимуществами использования

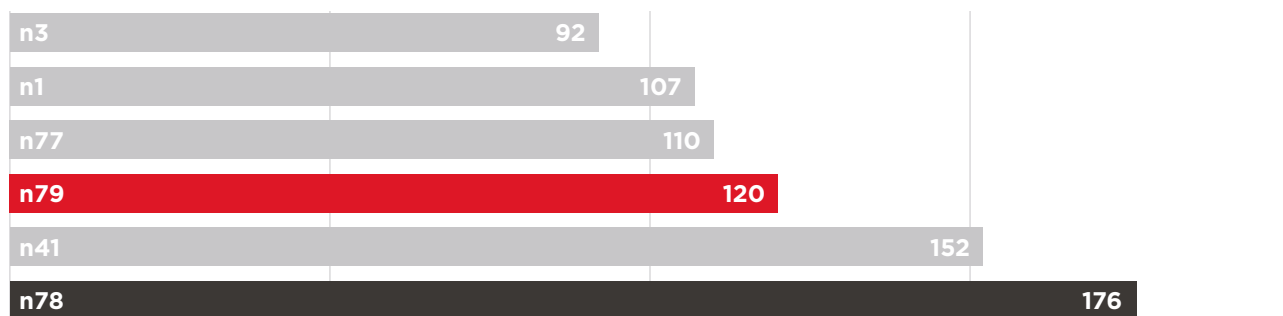
глобальных стандартизированных версий ключевых компонентов смартфона являются увеличение масштабов производства и уменьшение команд разработчиков. Эти преимущества, как правило, перевешивают более высокие затраты на начальной стадии, такие как подключение нескольких антенн и большая площадь печатной платы, необходимой для поддержки этих компонентов.

Данные GSA показывают, что в конце июля 2020 года было анонсировано 364 устройства 5G (включая модификации для различных регионов), из которых 162 были коммерчески доступны. Следует отметить, что это количество устройств охватывает широкий диапазон категорий устройств, включая смартфоны, хот-споты, стационарные терминалы, планшеты и ноутбуки, модули, usb-модемы, шлюзы, дроны и роботы. В целом, около 45% устройств были смартфонами и чуть менее трети были стационарными терминалами, особенно для ФБД.

Большинство заявленных устройств поддерживают спектр низких и средних частот (менее 6 ГГц). Всего 176 устройств поддерживают полосу частот n78 (3300–3800 МГц) - более чем на 47% больше, чем количество устройств, поддерживающих n79 (4,4–5,0 ГГц). В действительности, из тех устройств, которые указаны как доступные для n79, значительная часть - это стационарные устройства и устройства широкополосного беспроводного доступа (ШБД), но не смартфоны.

Рисунок 10

Поддержка различных диапазонов устройствами 5G



Источник: GSA

¹⁷ Полупроводниковый прибор, преобразующий электрический в радиосигнал

3.3 Российский рынок устройств

Российский рынок оборудования в плане смартфонов и стационарных терминалов полностью гармонизирован с Европой для предыдущих мобильных поколений (2G, 3G и 4G). Ожидается, что в 5G смартфоны будут соответствовать определенным ключевым спецификациям LTE:

- Поддержка полос частот LTE 1/3/7/20
- Агрегирование несущих LTE, включающее в себя две, три или четыре компоненты
- Работа сети LTE должна быть спланирована оптимальным образом в каждом диапазоне, поддерживаемом устройством
- Передача голосовых звонков по каналам LTE (VoLTE) и Wi-Fi (VoWiFi) – важные дополнительные функции, которые, как ожидается, будут поддерживать устройства 5G.

Растущее число полос радиочастот, разрешенных для эксплуатации 5G, означает, что, в отличие от ситуации с 4G, будет мало (если вообще будет) действительно глобально работающих устройств. Вряд ли окажется экономически эффективным проектировать и производить телефоны, которые могут поддерживать все диапазоны, используемые во всем мире. В результате там, где устройства поставляются от вендоров, в основном обслуживающих неевропейский рынок, могут отсутствовать часть функций, приведенных выше. Например, ряд китайских смартфонов не поддерживают полосу LTE 20 (800 МГц), которая является распространенной полосой 4G в Европе и выделена в России.

Поскольку в различных регионах для 5G выделяются различные диапазоны, операторы сегодня развертывают неавтономные сети 5G. Пользователи неавтономных сетей используют основной диапазон LTE для управления и более широкий диапазон 5G для достижения более высоких скоростей передачи данных. Это потребует от устройств взаимодействия как с полосами 5G, так и с полосами LTE, что усложнит радиочастотную часть устройств. Устройства должны будут поддерживать реализацию многополосных комбинаций агрегации несущих, особенно на линии «uplink».

В настоящее время на рынке есть всего несколько устройств, которые поддерживают n79, а также традиционные полосы LTE 7, 20 и 38, используемые в России. В отсутствие устройств, поддерживающих все возможные диапазоны 5G, решение этой проблемы, скорее всего, будет заключаться в том, что китайские производители адаптируют свою номенклатуру смартфонов, чтобы включить в них диапазоны, необходимые для российского рынка. В настоящее время нет никаких признаков какого-либо широкого движения по внедрению таких изменений в дизайн устройств, и вендоры вряд ли будут пойдут на это, пока не будет ясности в отношении выделения полос частот в России и планов по использованию спектра. Несмотря на то, что данная проблема вполне решается с технологической точки зрения, дополнительная сложность увеличит стоимость устройств из-за проблемы масштаба внедрения, описанной ранее.

3.4 Шифрование и сложности использования национальных стандартов

Различные организации по стандартизации мобильной связи в России работают над проектом нормативно-правового акта (НПА) для смартфонов 5G. После первоначального соглашения между Минкомсвязью России и Минэкономразвития России в последующем согласовании с ФСБ (спецслужбами) было введено новое требование (№19) о поддержке Национального алгоритма шифрования:



Защита абонентского и сигнального трафика в радиоканале между абонентским терминалом и базовой станцией должна обеспечиваться средствами криптографической защиты информации, в том числе с подтверждением соответствия требованиям безопасности информации класса КСЗ, установленным федеральным органом исполнительной власти в области безопасности.

На практике это требование может привести к тому, что российский рынок примет несогласованный

подход к криптографии. Безопасность 5G описана в спецификации 3GPP TS 33.501 (архитектура безопасности и процедуры для системы 5G – релиз 15). Безопасность 5G основана на проверенных алгоритмах, которые уже используются в сетях и устройствах 4G. К ним относятся алгоритмы шифрования, основанные на SNOW 3G, AES-CTR и ZUC; а также алгоритмы проверки целостности на основе SNOW 3G, AES-CMAC и ZUC. Функция генерации ключей основана на защищенном алгоритме HMAC-SHA-256.

Исполнение требования 19 делает невозможным для вендоров сертифицировать терминалы 5G в России. Ни один из вендоров чипсетов, инфраструктуры и терминального оборудования не поддерживает нестандартные алгоритмы шифрования. Все они придерживаются стандартов 3GPP, что является основой для совместимости телекоммуникационного оборудования на рынках по всему миру.

Ниже приведены примеры из стран, стремящихся разработать свои собственные стандарты, включая Японию и Китай.

Япония: Будущее Мобильного Доступа

На фоне сильного производственного сектора и четкой патентной экосистемы Япония в 2001 году представила версию технологии 3G, которая отличалась от технологии 3GPP, названную Future of Mobile Access (FOMA). Эта технология была принята МСЭ в качестве радиointерфейса IMT-2000. Однако более низкое качество спецификаций из-за отсутствия достаточной экспертной поддержки привело к тому, что NTT Docomo в 2004 году вернулась к ранее существовавшим спецификациям 3GPP. Это повлекло за собой значительные затраты для оператора. В процессе этого вендоры оборудования, совместимого с FOMA, такие как NEC, Hitachi и Fujitsu, были вынуждены разделить свои ресурсы между двумя вариантами, что привело к потере ими своих лидирующих позиций в сообществе вендоров телекоммуникационных услуг.

Китай: TD-SCDMA

Китайское правительство обратилось к China Mobile с просьбой развернуть сеть TD-SCDMA, причем оператор получил лицензию от МИИТ на эксплуатацию этой технологии в 2009 году после ограниченных испытаний. TD-SCDMA был национальным стандартом, разработанным в Китае при дополнительной поддержке Siemens. Радиointерфейс был принят МСЭ в качестве части семейства радиointерфейсов IMT-2000.

С другой стороны, China Telecom и China Unicom получили лицензии на эксплуатацию сетей CDMA2000 и W-CDMA соответственно. Это были международные стандарты, ратифицированные различными международными органами, а именно 3GPP2 и 3GPP соответственно. Несмотря на значительные инвестиции China Mobile и других игроков местной экосистемы (по сообщениям прессы, общий объем инвестиций превысил 30 миллиардов долларов), China Mobile объявила в 2014 году, что она постепенно свернет свою сеть TD-SCDMA в рамках перехода на 4G.

Требование к вендорам поддерживать различные продуктовые линейки (оборудование, соответствующее двум различным наборам стандартов) приведет к неизбежному влиянию на цены, доступность и время выхода на рынок, поскольку потребуется больше испытаний на совместимость.

Позиция GSMA заключается в поддержке всех правительств, которые поощряют национальные исследования и разработки, особенно связанные в настоящее время с 5G. Однако при этом важно, чтобы такие усилия были согласованы с международными стандартами или получили последующее признание на международном уровне. Позиция GSMA всегда подчеркивает преимущества глобальных гармонизированных стандартов в развитии экосистемы, способной поддерживать не только экономию вследствие масштаба внедрения, но и будущие исследования для обеспечения постоянного совершенствования стандартов.

Сотрудничество в рамках международных стандартов позволит России наращивать свое влияние на международной арене и поддерживать создание сильных производственных компаний, сохраняя при этом гибкость, позволяющую при необходимости совершенствовать технологическую дорожную карту страны.

Что касается конкретного вопроса шифрования в сетях 5G, то GSMA рекомендует российским властям уточнить, соответствуют ли существующие стандарты безопасности 3GPP для 5G NR конкретным требованиям к информации класса КСЗ, установленным федеральным органом исполнительной власти в области безопасности. Если это так, то нет необходимости в дополнительном криптографическом элементе в сети. Если это окажется не так, то лучшим вариантом действий для российских властей было бы сотрудничество с организацией 3GPP и ее соответствующими каналами и группами спецификаций для укрепления алгоритмов шифрования.



4 Сравнение двух диапазонов частот по модели общей стоимости

Модель GSMA Intelligence подробно рассматривает относительные различия в стоимости развертывания 5G в Москве в двух отдельных диапазонах спектра, а именно 3,5 ГГц и 4,8 ГГц. Данная модель иллюстрирует потенциальные затраты на развертывание и эксплуатацию неавтономной сети 5G в период 2023–2030 годов.

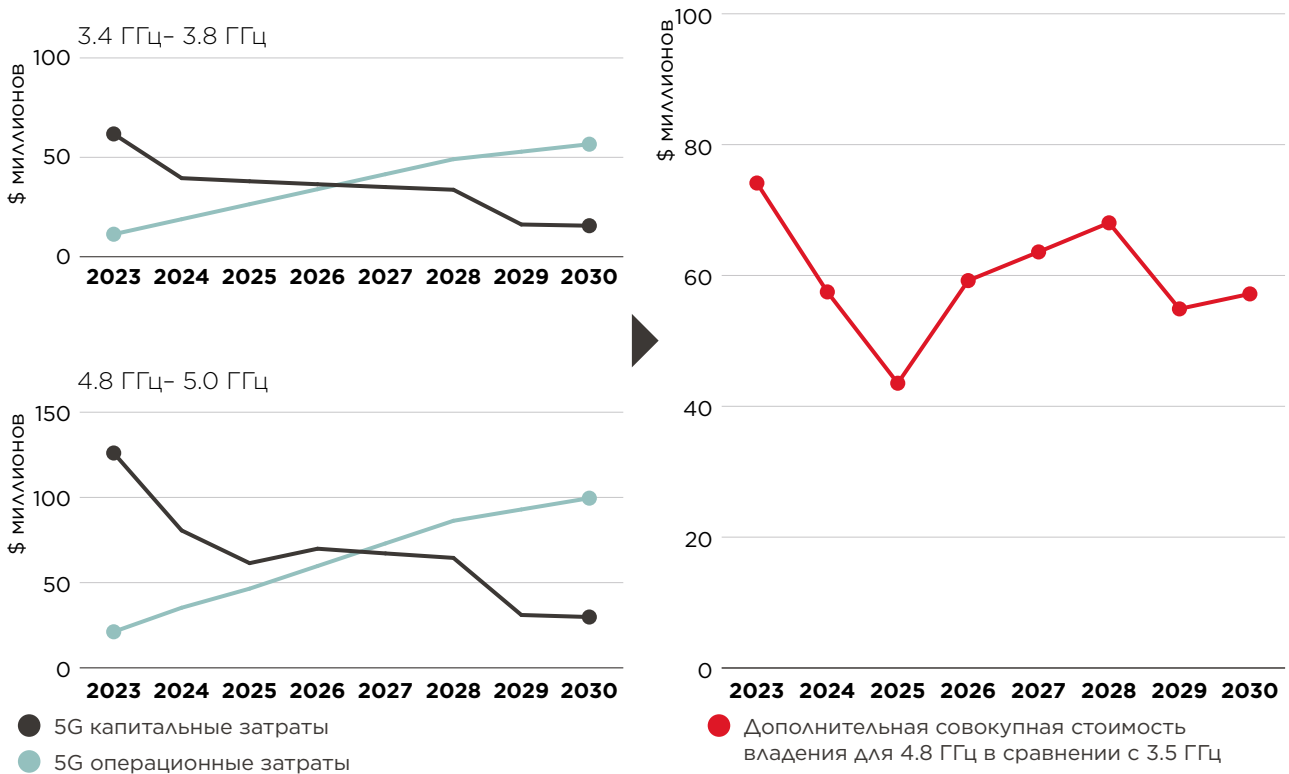
Рассматриваемой территорией является значительная область Москвы (площадь 1030 квадратных километров, ограниченная МКАД), включающая как плотные городские районы, так и жилые районы с меньшей плотностью населения. Данная модель использует восходящий подход (bottom-up) для оценки общих капитальных и операционных затрат четырех федеральных российских операторов мобильной связи. Это позволяет сравнить совокупные затраты, связанные с развертыванием 5G в диапазоне 3,5 ГГц в сравнении с диапазоном 4,8 ГГц.

В данной модели территория Москвы разбита на 3 категории в зависимости от предполагаемого уровня трафика данных и потребности в пропускной способности сети. Основываясь на проведенных исследованиях, GSMA Intelligence определила различные требования к плотности сайтов 5G на квадратный километр, чтобы обеспечить подходящее покрытие 5G для различных областей для обоих исследуемых диапазонов частот. Все опрошенные и другие источники пришли к четкому согласию, что развертывание 5G в диапазоне 4,8 ГГц потребует более высокой плотности сайтов во всех сценариях развертывания. GSMA Intelligence рассчитала среднее значение из различных источников и использовала это значение

для прогнозирования необходимого количества сайтов для трех сценариев: стандартные вне зданий (уровни излучения МКЗНИ) и СанПин (российские нормы излучения), а также глубокое покрытие внутри зданий (удовлетворения спроса на 5G в помещениях районов с плотной городской застройкой).

Затраты на развертывание базовой станции 5G и эксплуатационные расходы в значительной степени зависят от выбора частоты, а также объема и характера существующей инфраструктуры на местах. В ситуациях, когда операторам необходимо развернуть новые сайты, совокупная стоимость владения будет включать затраты на приобретение новых сайтов, обеспечение пассивной и транспортной инфраструктуры. В сценарии с существующей инфраструктурой новое радиооборудование может переиспользовать существующую пассивную и транспортную инфраструктуру, что позволит снизить затраты. Моделирование показало, что дополнительные затраты на развертывание уплотненных новых сайтов в диапазоне 4,8–4,99 ГГц (из-за большей потребности в уплотнении сети) являются одним из основных факторов относительной экономической эффективности диапазона 3,5 ГГц.

Рисунок 11

Затраты на развертывание сети 5G и общая стоимость владения в г.Москва

Источник: GSMA

Согласно стандартному сценарию с покрытием вне помещений, развертывание и эксплуатация неавтономной сети 5G в период с 2023 по 2030 год с использованием диапазона 4,8 ГГц обойдется российским операторам на 84% дороже по сравнению с диапазоном 3,5 ГГц. Для сценария с обеспечением глубокого покрытия внутри зданий данный показатель возрастает до 117.

Разница в совокупной стоимости владения обусловлена тремя ключевыми факторами:

- Более высокие требования к уплотнению в диапазоне 4,8 ГГц. Это отражает законы физики и более ограниченные характеристики распространения радиоволн в этой полосе.
- Экосистема и поставка оборудования вендорами существенно ограничена в диапазоне 4,8 ГГц, как было указано ранее в данном отчете. Поскольку явное большинство операторов во всем мире используют диапазон 3,5 ГГц, большинство вендоров в настоящее время предлагают передовые решения, поддерживающие именно

этот диапазон. И наоборот: у вендоров есть более ограниченные предложения и значительно меньший опыт работы с широкомасштабным развертыванием в диапазоне 4,8 ГГц.

- Ряд технических экспертов подчеркнули возможное увеличение потребления энергии. Ожидается, что для покрытия одной и той же области и передачи одного и того же объема данных сеть в полосе 4,8 ГГц будет потреблять больше энергии, что отражает относительную незрелость продуктов и поддержки экосистемы.

Важно подчеркнуть, что в дополнение к выходным данным модели все технические эксперты, с которыми были проведены консультации, подчеркнули, что полоса частот 4,8 ГГц не является оптимальной для крупномасштабных развертываний 5G с фокусом на покрытие. Это согласуется с анализом, приведенным ранее в данном отчете, в котором отмечается, что на сегодняшний день диапазон 4,8 ГГц выделен либо как дополнительный, ориентированный на пропускную способность для поддержки других диапазонов, либо для частных сетей 5G с локальным покрытием.

[gsma.com](https://www.gsma.com)



GSMA Head Office
Floor 2
The Walbrook Building
25 Walbrook
London EC4N 8AF
United Kingdom
Tel: +44 (0)20 7356 0600
Fax: +44 (0)20 7356 0601

