

# Потенциал создания российских базовых станций для сетей 5G

Ю. Ковалевский

УДК 621.396 | ВАК 05.27.01

Долгое время сотовые сети в России строились на зарубежном оборудовании. Сейчас, с приходом нового стандарта мобильной связи 5G, в этой области происходят революционные изменения, что потенциально открывает возможность войти в эту сферу российским предприятиям со своими решениями. В настоящей статье рассматриваются некоторые особенности сетей 5G, а также ряд реализованных в России пилотных проектов в данной области и ведущихся разработок базовых станций для сетей пятого поколения в качестве штрихов к общей картине того, насколько сложившаяся ситуация благоприятна для отечественных разработчиков данного оборудования.

## ПРЕДЫДУЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Первые два поколения мобильной связи были ориентированы прежде всего на голосовое общение, то есть телефонию. В то же время переход на цифровую связь, отличающий второе поколение, позволил операторам оказывать и другие сервисы, такие как сервис коротких сообщений (SMS) и доступ к сети Интернет через протокол WAP. Вскоре появилась надстройка над технологией GSM для пакетной передачи данных GPRS, которая обеспечивала подключение к сети Интернет по протоколу TCP/IP, в результате чего с точки зрения пользователя доступ к Интернету с мобильного устройства стал мало чем отличаться от работы с персонального компьютера или через классический модем – за исключением производительности и скорости передачи данных. Технологию GPRS наряду с более быстрой технологией EDGE, повышенная скорость передачи данных в которой обеспечивалась применением восьмеричной фазовой манипуляции (8-PSK), часто относят к промежуточному поколению – 2,5G.

Далее в качестве одной из основных целей каждого нового поколения наряду с повышением абонентской емкости сети ставилось именно увеличение скорости передачи данных. Так поколение 3G обеспечивало скорость до 2 Мбит/с [1]. При этом между вторым и третьим поколением существует принципиальное техническое отличие – использование технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов в 3G вместо временного разделения в 2G [2].

Изначально стандартом связи четвертого поколения предполагалось, что скорость передачи данных должна превысить 100 Мбит/с для высокоскоростных абонентов и 1 Гбит/с для абонентов с низкой мобильностью. Однако стандарты LTE и WiMAX, претендовавшие на то, чтобы называться 4G, этим требованиям не удовлетворяли. Международным союзом электросвязи на конференции в Женеве

в 2012 году были официально признаны беспроводными стандартами связи поколения 4G технологии WiMAX 2 (IEEE 802.16m) и LTE Advanced [3], последняя из которых получила впоследствии более широкое распространение.

## ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Пятое поколение мобильной связи за последние несколько лет стало одной из наиболее обсуждаемых областей электроники и вошло в число важнейших драйверов ее развития. Вероятно, основной причиной этого стало то, что сети 5G должны стать инфраструктурой не только для мобильной связи и абонентского доступа к Интернету, но для множества других областей, включая межмашинное взаимодействие в производственных процессах, телемедицину, автономный транспорт, крупные системы, такие как «умный город», и проч. Развитие сетей 5G тесно связано с другими важными трендами, такими как Интернет вещей, большие данные и искусственный интеллект.

Для того чтобы оправдать возлагаемые на сети 5G ожидания, оказывается необходимым применение в них технологий, качественно отличающихся от тех, что использовались в сетях предыдущих поколений. Кроме того, некоторые требования оказываются противоречивыми. Например, Интернет вещей предполагает колоссальную емкость сети (на сайте Международного союза электросвязи приводится следующий прогноз: число подключенных к Интернету устройств может достичь 50 млрд в любой момент начиная с 2025 года [4]), но при этом трафик от каждого подключенного устройства сравнительно невелик, а передача видео высокого качества, наоборот, требует высокой скорости передачи при сравнительно небольшом количестве абонентов. Высокие скорости передачи предполагают использование высоких частот, но для максимального покрытия территорий и устойчивой работы в условиях городской среды желательными являются

сравнительно низкие частоты, поскольку они обеспечивают больший радиус действия и в меньшей степени подвержены влиянию препятствий на распространение сигнала. Наконец, приложения, влияющие на безопасность, например подключенные автомобили, требуют минимальной задержки в сети.

Большое разнообразие сервисов, подключенных устройств и требований к коммуникации между ними фактически превращает понятие «сети 5G» в комплекс различных стандартов и технологий, над которыми работает целый ряд компаний и отраслевых сообществ. Концепции данных технологий и подходы к их реализации меняются достаточно динамично. Тому, чтобы представить общую картину, актуальную на определенный момент, посвящаются целые исследования.

Для целей данной статьи рассмотрим только некоторые аспекты сетей 5G, которые в значительной степени влияют на возможности разработки и внедрения базовых станций российского производства.

## ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ

Частоты, используемые в сотовых сетях пятого поколения, делятся на два основных диапазона: FR1 (410 МГц ... 7,125 ГГц) и FR2 (24,25...52,6 ГГц). Диапазон FR1 первое время ограничивался 6 ГГц, поэтому широкое распространение для его обозначения получил термин sub-6 GHz (субшестигигагерцовый диапазон), но в последствии он был расширен. Диапазон FR2, напротив, изначально предполагался более высокочастотным, хотя сейчас ведутся исследования, направленные на повышение его верхней границы более 70 ГГц.

Применение миллиметрового диапазона направлено на увеличение скорости передачи данных и снижение задержки в сети, но в силу высокой степени затухания радиоволн на таких частотах и их низкой способности проникать сквозь препятствия сотовая сеть, работающая в диапазоне FR2, требует очень частого расположения базовых станций, что приводит к сложностям и росту затрат на развертывание сети с большим покрытием.

Развертывание сетей 5G в мире, за исключением, пожалуй, только США, началось преимущественно с диапазона FR1. Тем не менее, для повышения скорости передачи данных и увеличения емкости сети, реальные частоты, которые применяются в сотовых сетях с большим покрытием, должны быть выше диапазонов 4G, достигающих на практике 2,5 ГГц.

«Золотым» в области FR1 в мире стал диапазон 3,4...3,8 ГГц. Однако в России этот диапазон занят военными и спецслужбами, его конверсия оказалась затруднена [5, 6], поэтому планируется для целей 5G «расчистить» близкий к «золотому» диапазон в области 4,7...4,9 ГГц.

Частоты 4,7...4,9 ГГц обладают рядом существенных недостатков. Во-первых, из-за низкой распространенности

этого диапазона в мире возникают сложности с оборудованием, работающим на данных частотах. Во-вторых, этот диапазон пересекается с диапазоном 4,8 ... 4,99 ГГц, который используется военными НАТО, и некоторые страны, входящие в альянс или использующие унифицированные с натовскими системы, возражают против использования Россией данного диапазона на приграничных территориях [7, 8]. Кроме того, развертывание сетей в данном диапазоне потребует больших инвестиций. По оценке Международной ассоциации GSM (GSMA), строительство сетей связи 5G может обойтись российским операторам на 84% дороже из-за невозможности использования «золотого диапазона» [9].

Теоретически, первый недостаток может быть обращен в преимущество: использование иного диапазона частот может стать естественной защитой локального рынка для отечественных производителей радиоаппаратуры. В то же время это может стать препятствием для применения абонентских устройств зарубежных производителей, в том числе широкого потребления, таких как смартфоны.

Следует также отметить, что в июне прошлого года рабочая группа АНО «Цифровая экономика», в которую входят представители операторов связи, заблокировала внесение в федеральный проект «Информационная инфраструктура» требования о строительстве сетей 5G на отечественном оборудовании [10]. Это было связано с тем, что, по мнению операторов, российское оборудование не появится ранее 2024 года. Невозможность создания сетей 5G до этого срока может привести к существенному отставанию информационных инфраструктур в России и экономики страны в целом.

## ПРОГРАММНО ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СЕТИ И ВИРТУАЛИЗАЦИЯ

Еще одним важным отличием сетей 5G от предыдущих поколений является кардинально усилившаяся роль программного обеспечения.

Прежде всего, речь идет о технологиях SDN (Software-Defined Networking – программно определяемые сети) и NFV (Network Functions Virtualization – виртуализация сетевых функций), которые касаются организации работы сети и ее функций. Эти две технологии часто рассматриваются совместно, и вместе они могут предоставить значительные преимущества, но при этом они не являются полностью зависимыми друг от друга и могут быть реализованы по отдельности [11].

Технология SDN предполагает разделение плоскости данных и управления и включает три уровня: приложений, управления и инфраструктуры. Собственно сетевое оборудование относится к инфраструктурному уровню, а управление осуществляется посредством контроллеров SDN, относящихся к уровню управления, и приложений, которые обеспечивают такие функции, как, например,

адаптивная маршрутизация, обеспечение баланса нагрузки и проч. Таким образом, управление сетью оказывается не жестко «зашитым» в аппаратную структуру сети, а программируемым. Это существенно упрощает развертывание сети и ее гибкость в условиях меняющихся потоков, при реализации новых сервисов и т. п.

Виртуализация сетевых функций позволяет, фактически, реализовать функциональность различного сетевого оборудования на уровне программного обеспечения, заменить, например, маршрутизатор его виртуальным экземпляром, что устраняет необходимость вложений в различное дорогостоящее оборудование, а также может сократить время установки и монтажа [12]. При применении технологии NFV разнообразное сетевое оборудование заменяется универсальными ИТ-серверами [13].

Применение этих технологий может оказать помощь в решении задачи построения сетей 5G на отечественном оборудовании в том смысле, что количество видов разрабатываемой аппаратуры может быть сокращено, а объемы выпуска каждого конкретного вида – увеличены, что важно для обеспечения серийности и, как следствие, снижения себестоимости. Иными словами, эти технологии формируют дополнительную основу для унификации аппаратного обеспечения.

Полезность этих технологий для построения сетей 5G в России отражена в Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации [14].

## mMIMO

Одной из важнейших отличительных особенностей 5G является применение технологий mMIMO (massive Multiple-Input and Multiple-Output – массивный многоканальный вход – многоканальный выход) и формирования диаграмм направленности (лучей). Эти две технологии в данном контексте связаны между собой, и термины часто используются как синонимы [15], или по крайней мере mMIMO может рассматриваться как частный случай формирования лучей [16].

Технология MIMO использовалась в том числе в базовых станциях сетей четвертого поколения. Отличие mMIMO заключается в большем количестве антенных элементов, что и означает слово massive в названии технологии. Четкой границы между MIMO и mMIMO по количеству элементов нет, но такой границей обычно считается восемь приемных и восемь передающих антенн [17].

Однако между технологиями MIMO и mMIMO есть отличия, которые можно считать качественными. Так, помимо увеличения числа каналов, узкие лучи mMIMO позволяют снизить влияние отражений, что важно, например, в условиях плотной застройки. Наилучший эффект технология дает в миллиметровом диапазоне FR2 [18] за счет возможности формирования более узких лучей, а также малых

размеров антенных элементов, что позволяет использовать очень большое их количество в одной антенне.

## ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ 5G В РОССИИ

В России к настоящему времени реализовано несколько пилотных проектов сетей 5G. Учитывая разнообразие задач, для которых могут использоваться сети пятого поколения, рассмотрение данных проектов может быть полезным с точки зрения оценки того, в каких областях возможно развертывание коммерческих сетей 5G в нашей стране в первую очередь.

Осенью 2019 года «Билайн» совместно с компаниями Nokia, Samsung и Qualcomm открыл демонстрационную зону 5G в Сочи. Демонстрировались возможности сети для «Индустрии 4.0», гейминга, а также сотовой связи с использованием смартфона Samsung Galaxy S10 5G. При этом был задействован частотный диапазон 26...28 ГГц [19]. Той же осенью появилась пилотная зона «Билайна» в Москве, на территории спортивного комплекса Лужники, с использованием технологического решения Huawei. Тестирование пользовательских сценариев проводилось на ряде смартфонов, включая Huawei Mate 20 X и Huawei Mate X. Пиковые скорости передачи данных на одно абонентское устройство в ходе тестов составили 2,19 Гбит/с [20]. Еще одна демозона, в которой тестировались возможности для гейминга, была создана оператором совместно с Nokia и Qualcomm в августе прошлого года [21].

Также стоит обратить внимание на пилотный проект, который осуществил в мае 2020 года «Билайн Бизнес» на оборудовании компании Huawei на территории угольного разреза «Черногорский» в Хакасии, где был развернут фрагмент сети беспроводной связи стандарта 5G протяженностью 1,5 км, покрывающей маршрут следования самосвалов-роботов [22].

В начале марта компания МТС объявила о запуске первой в России масштабной пользовательской пилотной сети 5G в диапазоне 4,9 ГГц в четырнадцати популярных местах Москвы с возможностью подключения к Интернету со скоростями до 1,5 Гбит/с [23]. Сеть работает на оборудовании Huawei [24]. Ранее оператор построил еще несколько пилотных сетей 5G. В частности, в октябре прошлого года была запущена сеть в Дальневосточном федеральном университете, так же на оборудовании Huawei и в диапазоне 4,9 ГГц. Эта зона в первую очередь рассчитана на тестирование решений в области VR- и AR-технологий, беспилотного транспорта, робототехники, а также на создание систем умных комнат для студентов и кибербезопасности [25]. В декабре при поддержке Ericsson и Qualcomm компания развернула пилотную зону 5G на действующей коммерческой сети 4G в Уфе. Сеть работает в диапазонах 1,8 и 2,1 ГГц и построена на основе технологии динамического перераспределения частотного

ресурса между сетями LTE и 5G NR с использованием коммерческих 5G-смартфонов [26].

Стоит выделить пилотный проект МТС в Сколково, запущенный в октябре 2020 года. Особенностью данной сети является то, что в ней задействована базовая станция, использующая отечественное программное обеспечение, разработанное в Сколтехе и поддерживающее открытые стандарты радиодоступа OpenRAN. Сеть работает на частоте 4,9 ГГц. Она предназначена для тестирования разработок в области технологий 5G и создания на их основе отечественных перспективных промышленных информационно-коммуникационных решений и сервисов [27].

«Мегафон» пилотную зону 5G в Москве запустил еще в начале лета 2018 года совместно с правительством Москвы. Сеть использовалась для прямой трансляции футбольного матча в формате VR [28]. Также летом 2018 года оператор развернул в Казани пилотную сеть 5G в диапазоне 3,4...3,8 ГГц с использованием решений Huawei, на которой в партнерстве с компанией «КАМАЗ» впервые в России показал практическое применение технологии пятого поколения для сопровождения движения автономного транспорта [29].

Для пилотной зоны на Тверской улице в Москве, запущенной оператором Tele2 в августе 2019 года совместно с Ericsson, был использован диапазон FR2 – 28 ГГц [30].

Таким образом, существуют проекты в разных областях, но единственная крупная пользовательская сеть сейчас запущена только у компании МТС. При этом заметен высокий интерес операторов к промышленному применению технологий 5G.

## РАЗРАБОТКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ 5G

Разработки в области базовых станций для сетей 5G ведутся в настоящее время несколькими российскими организациями.

В ноябре прошлого года рабочий прототип базовой станции представил на форуме «Сильные идеи для нового времени» институт Сколтех. Данная станция применяется в упомянутой выше пилотной зоне МТС в Сколково. Заявляется, что разработка Сколтеха поддерживает диапазоны 3,5 и 4,9 ГГц и скорость передачи данных на уровне 300–450 Мбит/с в реальной сети оператора. В качестве партнеров по разработке названы компании «Элтекс» и «Радио Гигабит» [31].

Ранее, в сентябре прошлого года, на конференции «Цифровая индустрия промышленной России» макет базовой станции представила госкорпорация «Ростех». Проект разработки базовой станции финансировался из собственных средств научно-производственной компании «Криптонит», совместного предприятия концерна «Автоматика» и «ИКС Холдинга» [32]. Демонстрационный стенд включает три части – радиопередающий модуль, модуль

цифровой обработки и ядро мобильной сети. Скорость передачи данных в мобильной сети, развернутой с применением представленного решения, может превышать 300 Мбит/с [33].

Также ведутся разработки базовой станции 5G ЛИЦ «Глобальные беспроводные системы связи» на базе компании «ГлобалИнформСервис», входящей в концерн «Созвездие». В сентябре прошлого года компания представила проект по созданию данной базовой станции, причем сообщалось, что ее архитектура разработана, а следующим этапом должна была стать подготовка макета с применением диапазона 3,3 ... 4,2 ГГц [34]. В ноябре появилось сообщение о проведении ЛИЦ «Глобальные беспроводные системы связи» и российским представительством компании VIAVI Solutions функциональных испытаний алгоритмов и макета базовой станции 5G [35].

Также в качестве потенциального разработчика отечественных базовых станций можно упомянуть казанскую компанию «Тенет», базовая станция 4G которой, построенная полностью на российском программном обеспечении, была введена в тестовую эксплуатацию в сети МТС в сентябре прошлого года [36]. Однако на тот момент производство базовых станций под сети 5G еще не велось [37].

В конце января стало известно, что ГК «Ростех» создает консорциум разработчиков оборудования для сетей 5G, к участию в котором будут приглашены все заинтересованные в этом российские разработчики. Каждый из разработчиков, вошедших в консорциум, получит возможность предложить свой софт, антенну или другой элемент базовой станции, а затем, после оценки эффективности данного решения, его сможет использовать производитель конечного изделия, сообщила газета «Ведомости» [38].

\* \* \*

Одним из основных проблемных моментов для развертывания коммерческих сетей 5G в России остается неопределенность с выделением частот для данной технологии. В особенности это касается сетей общего пользования. С учетом этого, а также принимая во внимание наличие пилотных проектов промышленных сетей, можно ожидать, что развертывание сетей 5G на отечественном оборудовании начнется с промышленного сектора.

Следует обратить внимание на то, что в пилотных проектах используются диапазоны и FR1, и FR2, тогда как прототипы отечественных базовых станций созданы только для FR1. Вероятно, для первых коммерческих проектов в промышленном секторе этих решений может быть достаточно. В будущем вполне возможна поддержка диапазона FR2 и применение технологии mMIMO с большим количеством антенных элементов в российской аппаратуре, учитывая высокий научно-технический потенциал отечественных разработчиков в области СВЧ-техники и, в частности, фазированных антенных решеток.

Также отметим, что гибкость архитектуры сетей 5G и технологии виртуализации могут создать благоприятные условия для разработки и применения отечественного оборудования прежде всего сетевого уровня. Но и для базовых станций возможность программного определения их параметров играет большую роль. Так, некоторые разработчики заявляли, что их решения могут быть применены для работы на других частотах близкого диапазона путем настройки и изменения программного обеспечения.

Таким образом, развертывание сетей 5G в России сегодня является потенциальным рынком для отечественных производителей радиоэлектронной аппаратуры, и в настоящий момент существует основа для того, чтобы они этой возможностью воспользовались, но необходимым условием для полноценной реализации этого потенциала является решение вопроса с выделением частот для сетей 5G.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Можайков Д., Дронский С.** Сравнительный анализ технологий мобильной связи // Беспроводные технологии. 2016. № 2. С. 16–21. <https://wireless-e.ru/standarty/analiz-tehnologij-mobilnoj-svyazi/>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Поколения\\_мобильной\\_телефонии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Поколения_мобильной_телефонии)
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/4G>
4. 5G – пятое поколение технологии подвижной связи. // Сайт МСЭ. <https://www.itu.int/ru/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
5. Власти не уступят диапазон 3,4–3,8 ГГц для развертывания 5G // Интефакс. 21 сентября 2020 г. <https://www.interfax.ru/russia/727878>
6. **Ходаковский К.** Диапазон нашелся: 5G в России будет работать на частотах 4,7–4,9 ГГц // 3DNews. 15 октября 2020 г. <https://3dnews.ru/1023056/diapazon-nashyolsya-5g-v-rossii-budet-rabotat-na-chastotah-4749-ggts>
7. Частоты для 5G в России // TAdviser. 8 февраля 2021 г. [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Частоты\\_для\\_5G\\_в\\_России](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Частоты_для_5G_в_России)
8. **Кодачигов В.** Российский 5G мешает самолетам НАТО // Ведомости. 07 февраля 2021 г. <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/02/07/856976-rossiiskii-5g>
9. **Шестоперов Д.** В 5G заложили поправку на частоту // Коммерсантъ. № 204 / П. 09 ноября 2020 г. С. 10. <https://www.kommersant.ru/doc/4564757>
10. **Степанова Ю., Тишина Ю.** По 5G приняли нестандартное решение // Коммерсантъ. № 106. 18 июня 2020 г. С. 1. <https://www.kommersant.ru/doc/4380525>
11. **Le N. T., Hossain M. A., Islam A., Kim D.-Y., Choi Y.-J., Jang Y. M.** Survey of Promising Technologies for 5G Networks // Mobile Information Systems. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2016, Article ID 2676589. 25 P. <https://www.hindawi.com/journals/misy/2016/2676589/>
12. Архитектура 5G // Сайт VIAVI Solutions Inc. <https://www.viavisolutions.com/ru-ru/5g-architecture>
13. **Королев И.** В российских сетях 5G вместо телеком-оборудования поставят сервера // CNews. 19 июня 2019 г. [https://www.cnews.ru/news/top/2019-06-19\\_v\\_rossijskih\\_setyah\\_5g\\_vmesto\\_telekomoborudovaniya](https://www.cnews.ru/news/top/2019-06-19_v_rossijskih_setyah_5g_vmesto_telekomoborudovaniya)
14. Концепция создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации. <https://digital.gov.ru/uploaded/files/kontseptsiya-sozdaniya-i-razvitiya-setej-5g-imt-2020.pdf>
15. **Passoja M.** 5G NR: Massive MIMO and Beamforming – What does it mean and how can I measure it in the field? // RCR Wireless News. September 12, 2018. <https://www.rcrwireless.com/20180912/5g/5g-nr-massive-mimo-and-beamforming-what-does-it-mean-and-how-can-i-measure-it-in-the-field>
16. **Masterson C.** Massive MIMO and Beamforming: The Signal Processing Behind the 5G Buzzwords // Analog Dialogue. 51–06. June 2017. <https://www.analog.com/ru/analog-dialogue/articles/massive-mimo-and-beamforming-the-signal-processing-behind-the-5g-buzzwords.html>
17. **McGrath D.** What is 5G Massive MIMO? // Keysight Blogs. Feb 19, 2020. [https://blogs.keysight.com/blogs/inds.entry.html/2020/02/19/what\\_is\\_5g\\_massivem-xcZq.html](https://blogs.keysight.com/blogs/inds.entry.html/2020/02/19/what_is_5g_massivem-xcZq.html)
18. **Батуев Б.** Технологии 5G: поэтапное внедрение и элементная база для абонентского оборудования // Беспроводные технологии. 2019. № 4. С. 15–27. <https://wireless-e.ru/gsm/tehnologiya-5g/>
19. Билайн открыл демонстрационную зону 5G в Сочи // Сайт компании «Билайн». 27 сентября 2019 г. <https://moskva.beeline.ru/about/press-center-new/press-releases/details/1484761/>
20. Билайн запустил пилотную зону 5G в Лужниках с применением инновационного технологического решения // Сайт компании «Билайн». 13 сентября 2019 г. <https://moskva.beeline.ru/about/press-center-new/press-releases/details/1484193/>
21. «Билайн» тестирует 5G // Сайт «Коммерсантъ». 21 августа 2020 г. <https://www.kommersant.ru/doc/4460342>
22. **Петровский И.** Сибирские угольщики впервые в России внедрили на своих разрезах сеть 5G // «Бизнес-портал «Континент Сибирь». 19 мая 2020 г. <https://ksonline.ru/374664/sibirskie-ugolshhiki-vpervye-v-rossii-vnedrili-na-svoih-razrezah-set-5g/>
23. МТС включила в Москве первую в России пилотную пользовательскую сеть 5G // Сайт компании МТС. 05 марта 2021 г. <https://moskva.mts.ru/about/media-centr/soobshheniya-kompanii/novosti-mts-v-rossii-i-mire/2021-03-05/mts-vklyuchila-v-moskve-pervuyu-v-rossii-pilotnuyu-polzovatelskuyu-set-5g>
24. **Муртазин Э.** Тест пилотной сети 5G от МТС. Особенности покрытия // Mobile-review.com. 10 марта 2021 г. <https://mobile-review.com/articles/2021/5g-test-mts-details.shtml>

25. В ДВФУ запустили первую пилотную сеть 5G на Дальнем Востоке // Новости ДВФУ. 2 октября 2020 г. [https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/v\\_dvfu\\_zapustili\\_pervuyu\\_pilotnuyu\\_set\\_5g\\_na\\_dalnem\\_vostoke/](https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/v_dvfu_zapustili_pervuyu_pilotnuyu_set_5g_na_dalnem_vostoke/)
26. **Григорьев М.** МТС запустила пилотную зону 5G на частотах LTE // Телеспутник. Новости. 10 декабря 2020 г. <https://telesputnik.ru/materials/tech/news/mts-zapustila-pilotnuyu-zonu-5g-na-chastotakh-lte/>
27. В Сколково запущена пилотная сеть 5G // Официальный сайт Фонда «Сколково». Новости. 20 октября 2020 г. <https://sk.ru/news/v-skolkovo-zapuschena-pilotnaya-set-5g/>
28. Первую в России зону сети 5G запустили в Москве в качестве пилотного проекта // ТАСС. 5 июня 2018 г. <https://tass.ru/ekonomika/5265566>
29. «МегаФон» развернул пилотную зону 5G для автономных электробусов «КАМАЗ» // Сайт компании «МегаФон». 12 июня 2018 г. [https://corp.megaфон.ru/press/news/federalnye\\_novosti/20180613-1009.html](https://corp.megaфон.ru/press/news/federalnye_novosti/20180613-1009.html)
30. Tele2 и Ericsson запустили пилотную зону 5G в центре Москвы // ТАСС. 8 августа 2019 г. <https://tass.ru/ekonomika/6744934>
31. Сколтех представил рабочий прототип базовой станции 5G на Форуме «Сильные идеи для нового времени» // Сайт Сколковского института науки и технологий. 13 ноября 2020 г. <https://www.skoltech.ru/2020/11/skoltech-predstavil-rabochij-prototip-bazovoj-stantsii-5g-na-forume-silnye-idei-dlya-novogo-vremeni/>
32. Ростех представил макет российской базовой станции 5G на ЦИПР-2020 // Сайт Госкорпорации «Ростех». 23 сентября 2020 г. <https://rostec.ru/news/rostekh-predstavil-maket-rossiyskoj-bazovoy-stantsii-5g-na-tsipr-2020/>
33. **Карасёв С.** Показан функциональный макет российской базовой станции стандарта 5G // 3DNews. 23 сентября 2020 г. <https://3dnews.ru/1021310>
34. В России в 2023 году появится отечественная базовая станция 5G // РИА Новости. 18 сентября 2020 г. <https://ria.ru/20200918/tekhnologii-1577427087.html>
35. VIAVI и «Глобалинформсервис» тестируют базовую станцию 5G российского производства // CNews. 19 ноября 2020 г. [https://www.cnews.ru/news/line/2020-11-19\\_viavi\\_i\\_globalinformservis](https://www.cnews.ru/news/line/2020-11-19_viavi_i_globalinformservis)
36. ООО «Тенет» и ПАО «МТС» запустили в эксплуатацию семейство базовых станций RBS-100 // CNews. 12 октября 2020 г. [https://www.cnews.ru/news/line/2020-10-12\\_ooo\\_tenet\\_i\\_pao\\_mts\\_zapustili](https://www.cnews.ru/news/line/2020-10-12_ooo_tenet_i_pao_mts_zapustili)
37. **Мельникова Ю.** Нашего полку LTE прибыло // ComNews. 1 декабря 2020 г. <https://www.comnews.ru/content/211901/2020-12-01/2020-w49/nashego-polku-lte-pribylo>
38. **Кинякина Е.** «Ростех» формирует консорциум производителей 5G // Сайт «Ведомости». 31 января 2021 г. <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/01/31/856100-rosteh-formiruet>



**1 МЕСТО РЕЙТИНГА ТЕХУСПЕХ 2020**

«Т8» – российский разработчик и производитель телекоммуникационного оборудования спектрального уплотнения (DWDM) для оптических сетей связи.

**РЕШЕНИЯ Т8 ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ:**

- МАГИСТРАЛЬНЫЕ DWDM-СЕТИ
- РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ГОРОДСКИЕ ВОЛС
- ДАТА-ЦЕНТРЫ
- ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ 5G
- ТЕХНОЛОГИЯ «ALIEN WAVELENGTH»

**до 600 Гбит/с на 1 канал**

**КОМПАКТНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (DCI)**

- МАКСИМАЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ 2.4 / 4.8 ТБИТ/С
- ДО 600 ГБИТ/С НА 1 КАНАЛ
- КЛИЕНТЫ 10 / 40 / 100GE, FC 1600 / 3200
- 4 X 600G + EDFA + OADM = 1 DCI (3U)

 ПОДРОБНЕЕ О РЕШЕНИИ **T8.RU**