

# Сети 5G:

## международная стандартизация



**Валерий ТИХВИНСКИЙ,**  
заместитель генерального директора  
АО «Национальный исследовательский  
институт технологий и связи»  
по инновационным технологиям,  
д. э. н., профессор



**Григорий БОЧЕЧКА,**  
руководитель управления  
инновационного центра  
АО «Национальный исследовательский  
институт технологий и связи»,  
к. т. н.



**Александр МИНОВ,**  
генеральный директор  
АО «Национальный  
исследовательский институт  
технологий и связи»

Сети 5G (5th generation mobile networks или 5th generation wireless systems) представляют собой новую фазу эволюции мобильных телекоммуникационных стандартов, выходящую за пределы фазы



**Александр БАБИН,**  
заместитель генерального директора  
АО «Национальный исследовательский  
институт технологий и связи»  
по работе с государственными  
органами, к. т. н.

развития 4G/LTE Advanced/IMT-Advanced и повышающую функциональные возможности, скорость передачи данных и другие технические требования новых сетевых решений на порядок.

В настоящей статье рассмотрены ключевые требования к сетям 5G, проанализированы деятельность международных органов стандартизации электросвязи в области развития стандартов и регуляторной базы сетей 5G, а также вопросы выделения радиочастотного спектра для сетей 5G, перспективные полосы частот и результаты практических достижений разработчиков.

Влияние на будущий технологический облик сетей 5G и потребности в радиочастотном спектре будут оказывать несколько факторов:

- прогнозы роста потребления трафика различными пользователями при оказании услуг мобильного беспроводного доступа до 2020 г.;
- изменение парадигмы развития мобильной связи как сетей доступа для Интернета вещей (IoT) и M2M;
- достижение предела спектральной эффективности технологиями мобильной связи 2G/3G/4G;
- технические требования к сетям 5G, сформулированные при выполнении европейских проектов METIS-I, -II и 5GIC (Университет Суррея) [1], а также проекта IMT-2020 [2–14].

### Разработка стандартов и спецификаций 5G

Все действующие стандарты технологий мобильной связи 2G/3G/4G построены на принципах открытых стандартов: доступность,

ориентация на конечного пользователя, бесплатность использования, недискриминационность, возможность развития, отсутствие лицензий использования, инновационность.

По определению МСЭ [15], открытый стандарт – это стандарт или протокол, равным образом доступный для чтения и использования без ограничений всем заинтересованным сторонам, который:

- не содержит компонентов или расширений, зависящих от форматов или протоколов, которые не подпадают под определение открытого стандарта;
- не содержит правовых или технических положений, ограничивающих его использование любой заинтересованной стороной в любых схемах предпринимательства;
- разработан и дорабатывается в ходе процедур, не зависящих от конкретного поставщика и открытых для равноправного участия конкурентов и третьих сторон;
- доступен в большом количестве полных реализаций, выполненных конкурирующими поставщиками, или в виде полной реализации, в равной степени доступной всем сторонам.

Эти же принципы заложены и в разработку нового стандарта на технологию мобильной связи пятого поколения (5G).

Основными организациями, вовлеченными в стандартизацию сетей 5G на глобальном международном уровне, являются:

- Сектор радиосвязи МСЭ-Р и Сектор стандартизации МСЭ-Т, в рамках которых были созданы: рабочая группа WP5D «IM-системы» в исследовательской комиссии ИК5 «Наземные службы» и оперативная группа (ОГ) IMT-2020 в исследовательской комиссии ИК13 «Будущие сети, включая облачные вычисления, сети подвижной связи и сети последующих поколений»;
- партнерский проект 3GPP, занимающийся развитием технологий мобильной связи 2G/3G/4G и разработкой для них технических спецификаций (стандартов) на глобальном уровне;
- партнерский проект oneM2M, стартовавший в 2012 г. по инициативе

шести региональных органов стандартизации (ETSI, ARIB, TTA, CCSA, TTA и TTC), которые в 1998 г. уже создали успешный партнерский проект 3GPP, и американской Ассоциации ATIS.

На европейском уровне вопросами стандартизации сетей и услуг 5G занимается Европейский институт стандартизации электросвязи (ETSI). В ETSI созданы несколько горизонтальных технических комитетов: MSG (Группа стандартизации мобильной связи), mWT (передача на миллиметровых волнах), SmartBAN («умные» сети широкополосного доступа), SmartM2M («умные» сети межмашинного обмена) и ряд промышленных групп NFV (виртуализация сетевых функций), NGP (протоколы будущих поколений), которые участвуют в разработке европейских стандартов 5G и формируют предложения для технических спецификаций 3GPP и oneM2M.

## Текущее состояние работ по стандартизации

МСЭ. Оперативная группа по сетевым аспектам IMT-2020 в ИК13 Сектора стандартизации МСЭ-Т была создана в мае 2015 г. для анализа принципов взаимодействия появляющихся технологий 5G в будущих сетях в качестве предварительного исследования инноваций в организации сетей, необходимых для обеспечения развития систем 5G. Проводя исследования будущего развития 5G, рабочая группа ОГ IMT-2020 приняла концепцию экосистемы 5G и опубликовала анализ развития сетей 5G в Отчете 13-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т [2].

Задачи и направления деятельности ОГ IMT-2020 включают:

- изучение демонстрационных версий или создание прототипов вместе с другими группами, в частности с сообществом разработчиков открытого ПО;
- совершенствование аспектов программируемости сетей и организации информационно-ориентированных сетей;

- продолжение совершенствования и развития сетевой архитектуры IMT-2020;
- продолжение исследований конвергенции фиксированной и подвижной связи;
- продолжение исследований разделения сетей для организации сети передачи периферийного/транзитного трафика;
- продолжение разработки новых моделей передачи трафика и связанных с этим аспектов QoS и эксплуатации, управления и технического обслуживания, применимых к сетям IMT-2020.

В конце 2016 г. группа ОГ IMT-2020 МСЭ-Т представила девять проектов рекомендаций и технических отчетов по сетям IMT-2020 [3–11], которые предъявляли требования к сетевой архитектуре 5G:

- Термины и определения для IMT-2020 in ITU-T (O-040);
- Технический отчет МСЭ-Т: Применение программируемости сетей для IMT-2020 (O-041);
- Рекомендация МСЭ-Т: Требования к IMT-2020 с сетевой точки зрения (O-042);
- Рекомендация МСЭ-Т: Структура сетевой архитектуры для IMT-2020 (O-043);
- Рекомендация МСЭ-Т: Требования IMT-2020 к конвергенции мобильных и фиксированных сетей (O-044);
- Технический отчет МСЭ-Т: Универсальное сетевое интегрированное облако для конвергенции мобильных и фиксированных сетей (O-045);
- Рекомендация МСЭ-Т: Требования к управлению сетями IMT-2020 (O-046);
- Рекомендация МСЭ-Т: Структура управления сетью IMT-2020 (O-047);
- Технический отчет МСЭ-Т: Применение информационно-центрического подхода к сетям IMT-2020 (O-048).

Сектор радиосвязи МСЭ в начале 2012 г. приступил к разработке программы «IMT-2020 и за его пределами», подготавливая почву для научно-исследовательской деятельности по поколению 5G, которая в последующем охватила всю мировую телекоммуникационную науку и индустрию мобильной связи.

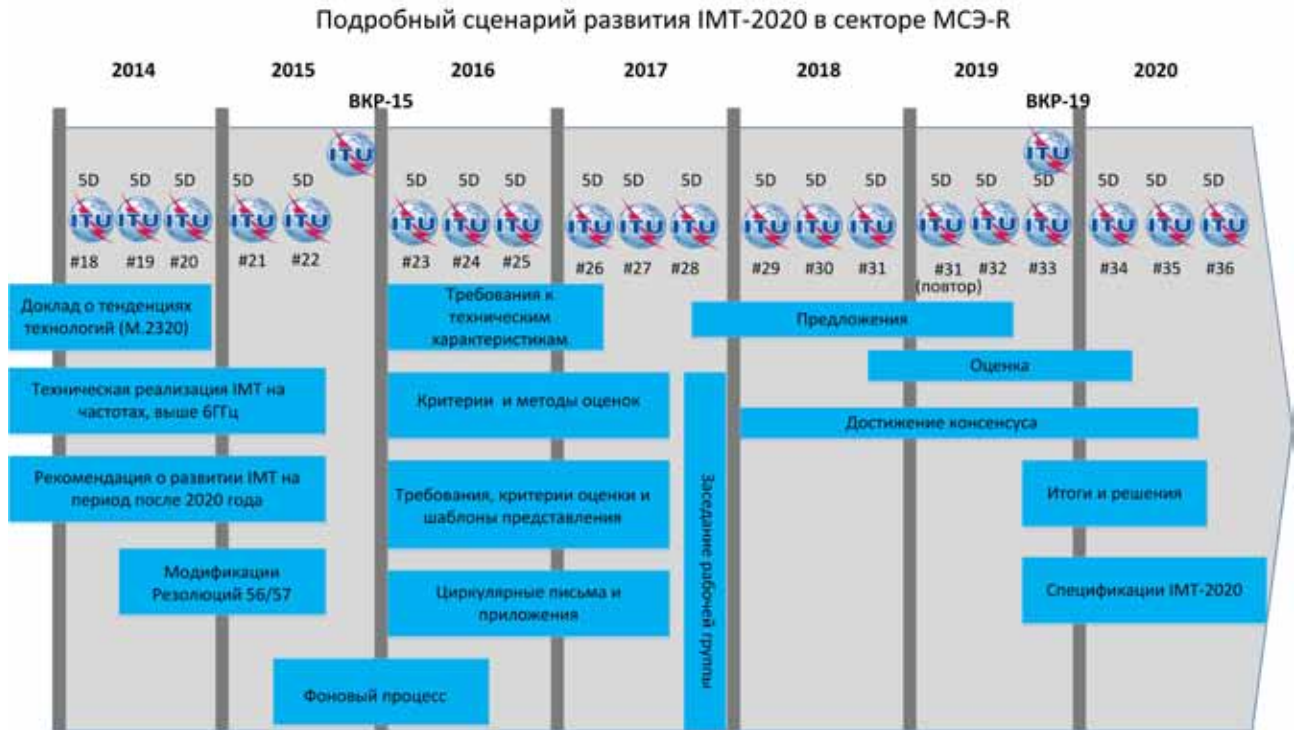


Рис. 1. Планы МСЭ-Р по развитию ИМТ-2020 (Источник: www.itu.int)

Рабочая группа 5D Сектора радиосвязи МСЭ-Р завершила разработку документа, отразившего планы МСЭ на развитие ИМТ в направлении ИМТ-2020 с привязкой по годам (рис. 1).

Детальные исследования МСЭ-Р ключевых элементов сетей 5G уже проходят в сотрудничестве с промышленностью и широким кругом заинтересованных сторон (научными центрами, национальными регуляторами, производителями контента), что помогает стандартизовать все аспекты создания 5G.

Сектор радиосвязи МСЭ завершил разработку следующих нормативных документов, отразивший видение МСЭ-Р в области мобильной широкополосной связи поколения 5G [12–14]:

- Отчет МСЭ-Р М.2320: Будущие технологические тренды наземных систем ИМТ (ноябрь 2014), подготовленный к ВКР-15, в котором определены технологические

требования и технические возможности ИМТ систем на этапе развития 2015–2020 гг. и далее;

- Рекомендация МСЭ-Р М.2083: Структура и общие цели будущего развития ИМТ на 2020 г. и последующий период (сентябрь 2015 г.), которая отражает видение долгосрочного развития ИМТ систем до 2020 г. и далее, а также структуру и цели этого развития;
- Отчет МСЭ-3 М.2376: Технические возможности систем ИМТ в полосах частот выше 6 ГГц (июль 2015 г.), который обобщил исследования и оценки таких возможностей сетей 5G (ИМТ-2020) в высоких диапазонах частот, включая диапазон миллиметровых волн.

Публикация этих мнений на будущие горизонты мобильных технологий способствовала определению на ВКР-15 повестки дня Всемирной конференции радиосвязи 2019 г., где предстоит дискуссия о выделении дополнительного

радиочастотного спектра для будущего развития ИМТ-2020.

В конце 2017 г. Рабочая группа 5D планирует провести международный семинар, на котором будут обсуждаться требования к техническим характеристикам 5G (ИМТ-2020), критерии оценки и методология отбора кандидатов для утверждения технологии ИМТ-2020. Процесс отбора технологий-кандидатов планируется завершить к 2020 г. разработкой рекомендации МСЭ-Р с подробными спецификациями для новых радиоинтерфейсов, которая будет представлена на утверждение в МСЭ-Р.

#### Партнерский проект 3GPP

Согласно планам работы 3GPP работа по стандартизации первой фазы сетей 5G (рис. 2) будет завершена в сентябре 2018 г. (Релиз 15) [16]. Эти спецификации будут адресованы прежде всего производителям оборудования для

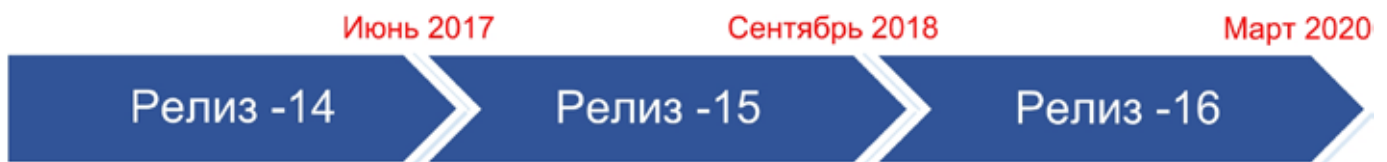


Рис. 2. Этапы разработки технических спецификаций 5G

## План работ для Релиза 15

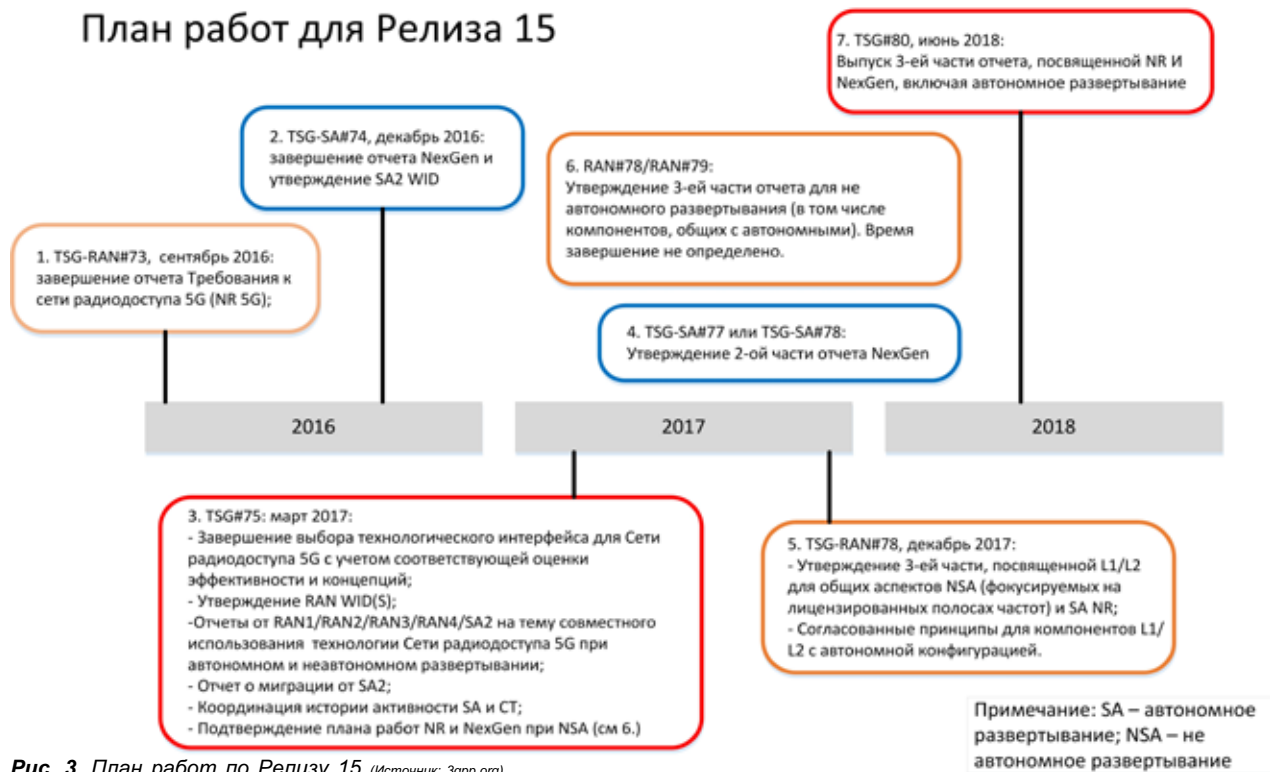


Рис. 3. План работ по Релизу 15 (Источник: 3gpp.org)

обеспечения ввода в коммерческую эксплуатацию первых сетей 5G (намечено на 2020 г.).

Деятельность партнерского проекта 3GPP по Релизу 13 была направлена на создание спецификаций для нового этапа развития технологии LTE Advanced к LTE Pro. После завершения работ 3GPP открыл рабочий вопрос по подготовке Технического отчета TR 23.799 «Исследование архитектуры для систем будущих поколений» [17]. В ходе подготовки этого отчета для Релиза 14 в основных группах 3GPP SA, RAN и CT будут исследоваться вопросы построения архитектуры сетей 5G.

В ходе пленарного заседания TSG № 72 групп технических спецификаций 3GPP (Пусан, Южная Корея) был утвержден план работ над Релизом 15, полностью посвященный вопросам стандартизации 5G (рис. 3).

Этот подробный план работы 3GPP над Релизом 15 включает в себя множество промежуточных задач и календарных точек контроля статуса проведенных работ для обеспечения эффективного руководства текущими исследованиями по 5G в различных рабочих

группах 3GPP. Главными датами выполнения этих работ являются следующие:

- сентябрь 2016-го: завершение подготовки Технического отчета по новым требованиям к радиодоступу (NR);
- декабрь 2016-го: начало нормативной работы группы SA2 по архитектуре сети нового поколения (NexGen);
- март 2017-го: начало разработки спецификации новых требований к радиодоступу (5G NR) рабочими группами RAN.

Члены 3GPP достигли согласия пока по двум сценариям использования сетей 5G (use case):

- улучшенный мобильный широкополосный доступ (enhanced Mobile Broadband – eMBB);
- ультранадежная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable and Low Latency Communications – URLLC).

Однако третий сценарий – «Массовые подключения для межмашинного обмена данными» (massive Machine Type Communications – mMTC) – на этапе работ по Релизу 15 также вошел в перечень исследовательских вопросов Технического отчета 3GPP. Было достигнуто соглашение об использовании

диапазона 6 ГГц в качестве точки отсчета на шкале спектра для проведения работы по исследованию спектра как ниже, так и выше 6 ГГц.

Таким образом, в текущем году партнерский проект 3GPP начал процесс стандартизации требований к сетям 5G и уже готовит несколько технических отчетов, дающих толчок дальнейшей стандартизации технологий 5G [17–20]:

- TR 23.799. Исследование архитектуры для систем будущих поколений;
- TR 38.913. Исследование сценариев и требований для технологий доступа систем следующего поколения;
- TR 38.801. Исследование новых технологий радиодоступа. Архитектура радиодоступа и интерфейсы;
- TR 38.802. Исследование новых технологий радиодоступа (NR). Аспекты физического уровня.

### Партнерский проект oneM2M

Партнерский проект oneM2M стартовал в 2012 г. В ходе работы предполагалось, что в область деятельности oneM2M будут входить исключительно вопросы, связанные со стандартизацией технологий и услуг M2M.

В январе 2015 г. был закончен и опубликован Релиз 1 oneM2M, включавший 12 технических спецификаций с требованиями к системной архитектуре сетей M2M. В январе 2016 г. был ратифицирован уточненный Релиз 1, который фактически можно трактовать как Релиз 3 ETSI, но не имеющий совместимости с техническими спецификациями oneM2M.

В июле 2016 г. на пленарном заседании TP25 oneM2M, состоявшемся в США, было объявлено о завершении работы над Релизом 2 oneM2M, включающим 17 технических спецификаций, которые устанавливают требования к системной архитектуре сетей M2M, безопасности сетей M2M в цепочке E2E для любых устройств и серверов. На заседании TP25 oneM2M была отмечена важная роль промышленных применений в области IoT и представлены планы разработки 14 новых дополнительных технических спецификаций для Релиза 3, расширяющих действие Релиза 2 oneM2M на сферу IoT.

Приложения IoT будут составлять основу базовых бизнес-моделей в сетях 5G. Бизнес-модели пятого поколения мобильной связи (5G) будут направлены на:

- создание улучшенного мобильного широкополосного доступа (eMBB) на основе новых видов сигнально-кодových конструкций, повышающих на порядок спектральную эффективность по сравнению с сетями 4G;
- создание ультрамассовых сетей межмашинного обмена данными (mMTC), которые обслуживают до 1 млн устройств на 1 км<sup>2</sup>;
- создание ультранадежных сетей межмашинного обмена данными с низкими задержками (uMTC) или ультранадежной связи с низкими задержками (URLLC) в трактовке 3GPP, которая объединяет абонентские устройства IoT/M2M с задержками менее 1 мс.

Работы партнерского проекта oneM2M по разработке Релиза 3 будут сфокусированы на двух главных направлениях (треках): индустриальный Интернет вещей (IIoT), и усилия по улучшению

адаптации к рынку. Деятельность oneM2M по направлению IIoT, включая сегмент 5G, будет направлена на поддержку целевых управляющих групп (Object Management Group's) по услугам распределенных данных (Data Distribution Service – DDS), систем реального времени (Real Time Systems) и инициативы по открытым сервисным шлюзам (OSGi).

## Базовые характеристики стандарта 5G

Базовые характеристики для систем IMT-2020 сформулированы в документах МСЭ-Р [3–14] и устанавливают требования, которые не всегда совпадают с мнением главного разработчика стандартов на технологии 5G партнерским проектом 3GPP [17–20].

Перечень базовых характеристик 5G, с которым согласились специалисты 3GPP, включает в себя следующие [16]:

- пиковая (теоретическая максимальная) скорость передачи данных в сети в линии вниз – 20 Гбит/с и 10 Гбит/с – в линии вверх соответственно;
- максимальная агрегируемая системная полоса пропускания определяется решением МСЭ, а не 3GPP;
- задержка в плоскости управления сети не должна превышать 10 мс;
- задержка в плоскости пользователя не более 0,5 мс для линии вверх и для линии вниз для режима URLLC (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications);
- задержка в плоскости пользователя не более 4 мс для линии вверх и для линии вниз для режима eMBB;
- время прерывания мобильности должно быть 0 мс, т. е. отсутствовать;
- необходимость обеспечения взаимодействия при оказании голосовых услуг с 4G/LTE не определена;
- максимальный размер соты без ухудшения KPI может составлять 100 км;
- срок службы батареи для абонентских устройств класса mMTC (IoT) – 15 лет;

- максимальная плотность соединяемых абонентских устройств – до 1 млн на 1 км<sup>2</sup>;
- поддержка соединения абонентов, перемещающихся со скоростью до 500 км/ч.

Главной нерешенной проблемой в определении основных характеристик 5G является выбор частотных диапазонов для их реализации. Эта неопределенность существенно затрудняет и удорожает разработку стандартов 5G, так как разработчикам стандартов придется вносить кроме многовариантности в технологиях радиоинтерфейса 5G еще и многовариантность в диапазонах используемых частот 5G.

На этапе исследований диапазоны частот 5G были условно разделены на диапазоны ниже 6 ГГц и выше 6 ГГц. Первые попытки договориться и стандартизировать диапазоны ниже 6 ГГц были приняты на Всемирной конференции радиосвязи 2015 г. (WRC-15).

К сожалению, итоги WRC-15 в части 5G показали отсутствие международного консенсуса у участников WRC-15 по выделению 500 МГц спектра в полосах ниже 6 ГГц, несмотря на четырехлетнюю подготовительную исследовательскую работу. Так, ожидаемое разработчиками и органами стандартизации сетей 5G выделения полосы частот шириной 500 МГц для 5G на WRC-15 не произошло, что значительно затормозило создание решений pre-5G в период до WRC-19.

На WRC-15 был согласован пункт повестки дня WRC-19 (п. 1.13) по рассмотрению идентификации частотных диапазонов для дальнейшего развития сетей IMT-2020 в соответствии с Резолюцией 238 (WRC-15). Поэтому Сектор радиосвязи ITU-R должен завершить уже к началу WRC-19 исследования по совместному использованию и совместимости в следующих частотных диапазонах:

- 24,25–27,5 ГГц, 37–40,5 ГГц, 42,5–43,5 ГГц, 45,5–47 ГГц, 47,2–50,2 ГГц, 50,4–52,6 ГГц, 66–76 ГГц и 81–86 ГГц, которые будут распределены мобильной подвижной службе на первичной основе;
- 31,8–33,4 ГГц, 40,5–42,5 ГГц и 47–47,2 ГГц, которые требуют

их дополнительного распределения мобильной подвижной службе на первичной основе.

Не дожидаясь решения ВКР-19, Федеральная комиссия по связи (FCC) США выделила на национальной основе для развития 5G спектр шириной около 11 ГГц:

- полосу шириной 3,85 ГГц для лицензируемого использования в диапазонах 28 ГГц (27,5–28,35 ГГц), 37 ГГц (37–38,6 ГГц), 39 ГГц (38,6–40 ГГц);
- полосу шириной 7 ГГц в нелицензируемых участках спектра миллиметрового диапазона волн 64–71 ГГц.

Это решение продиктовано стремлением FCC внести определенность и уверенность в работу американских и мировых производителей оборудования 5G.

В России вопросы загрузки будущего спектра сетей 5G детально исследовались НИИТС в рамках проекта 5Grus и ФГУП НИИР при подготовке к ВКР-15.

Первичная позиция России включала в будущие полосы развития 5G следующие частоты: 25,5–27,5 ГГц, 31,8–33,4 ГГц, 39,5–40,5 ГГц, 40,5–42,5 ГГц, 45,5–47,5 ГГц, 48,5–50,2 ГГц, 50,4–52,6 ГГц, 66–71 ГГц, 71–76 ГГц, 81–86 ГГц. Однако нынешняя позиция России отражает раздельное проведение оценки потребностей в спектре для систем IMT-2020 в полосах частот ниже 43,5 ГГц и выше 43,5 ГГц без дальнейшего уточнения по отдельным диапазонам.

Позиция стран СЕРТ (СРТ 5G Roadmap) включает в будущие полосы развития 5G следующие частоты, отдавая приоритет трем полосам частот: 24,25–27,5 ГГц, 31,8–33,4 ГГц, 40,5–43,5 ГГц, а полосы 45,5–48,9 ГГц, 71–76 ГГц, 81–86 ГГц требуют исследования.

Анализ этих позиций показывает, что совпадающие позиции администраций РРС, СЕРТ и России имеются по будущему использованию полосы E-band (71–76 ГГц/81–86 ГГц) и полосы 31,8–33,4 ГГц для сетей 5G, остальные же полосы частично перекрываются, а полосы 25,5–27,5 ГГц, 39,5–40,5 ГГц, 45,5–47,5 ГГц, 50,4–52,6 ГГц пока

исключены из рассмотрения в позиции стран СЕРТ на будущей ВКР-19.

Таким образом, из анализа потребностей сетей 5G в радиочастотном спектре для их развития [13–14] следует, что на начальном этапе развития для работы сетей 5G потребуются частотные каналы с шириной от 100 МГц до 1000 МГц (для этапа стандартизации и тестирования 2015–2018 гг.) и от 1000 МГц до 2000 МГц на каждого оператора (для этапов опытной эксплуатации и коммерческого запуска сетей 5G в 2019–2025 гг.).

## Первые результаты экспериментальных разработок

В борьбу за лидерство на этапе экспериментальных разработок включились все крупнейшие производители телекоммуникационного оборудования, создавая альтернативные решения. Европейский союз в рамках проекта 5G поставил перед собой амбициозную задачу достижения технологического лидерства Европы на мировом телекоммуникационном рынке.

В качестве перспективных сигнально-кодовых конструкций для радиоинтерфейса 5G ведущими мировыми производителями (вендорами) – Huawei, Samsung, Nokia (Bell Labs) – рассматриваются как минимум три радиоинтерфейса (SCMA, FBMC, UFMC), показанные в таблице.

Анализ таблицы показывает, что, например, компания Huawei предлагает применять в радиоинтерфейсе 5G сигналы SCMA (Sparse Code Multiple Access) многостанционного доступа на основе разреженных кодов, а компания Samsung и проект METIS [1], координируемый компанией Ericsson, – использовать сигналы FBMC (Filter Bank Multicarrier) – гребенчато-фильтруемые

многочастотные сигналы на основе модуляций FQAM (Hybrid Modulation of FSK и QAM) и OQAM (Offset Quadrature Amplitude Modulation). Сигналы на основе кодовой модуляции SCMA позволяют обеспечивать в 2,7 раза больше пользователей в соте по сравнению с сетями 4G, использующими OFDMA, и иметь меньшую задержку в сети.

Экспериментальные разработки оборудования pre-5G, периодически предъявляемые рынку ведущими мировыми производителями, как правило, носят характер частных решений на пути к коммерческой реализации оборудования сетей 5G.

Среди указанных разработок 5G можно выделить:

- оборудование компании Huawei: участвовало в совместном тестировании с сингапурским оператором M1 Limited (M1). Для тестирования был выбран диапазон 73 ГГц. Достигнута скорость передачи данных 35 Гбит/с;
- на совместном тестировании Huawei и британского оператора Vodafone в г. Ньюбери (Великобритания) добились пиковой скорости передачи данных 20 Гбит/с в диапазоне частот от 60 до 90 ГГц (E-band). Тестирование проводилось с использованием антенн SU-MIMO и MU-MIMO – была продемонстрирована скорость 20 Гбит/с и 10 Гбит/с соответственно;
- оборудование компании Nokia: тестировалось совместно с ПАО «МегаФон» два вида оборудования Nokia AirFame и AirScale на частотах 4,65–4,85 ГГц при агрегировании двух радиоканалов шириной по 100 МГц. Агрегация частот осуществлялась в режиме MIMO 8×8 с использованием восьми антенн как на передающем, так и на приемном оборудовании. Достигнута скорость 4,5 Гбит/с при полосе пропускания 200 МГц;
- оборудование компании Ericsson: в ходе совместного тестирования

Предложения компаний-производителей

Huawei	Samsung	Nokia (Bell Labs)
SCMA	FBMC	UFMC
Многостанционный доступ на основе разреженных кодов	Гребенчато-фильтруемый многочастотный сигнал	Универсальный фильтруемый многочастотный сигнал

оборудования со шведским оператором Telia при передаче сигнала шириной 800 МГц были достигнуты рекордная скорость 15 Гбит/с на одного пользователя и задержка 3 мс;

- в американском штате Висконсин сотовый оператор U.S.Cellular провел испытания 5G-оборудования Ericsson в диапазоне 15 ГГц. Удалось получить пиковые скорости 9 Гбит/с при расстоянии 240 м от абонентского оборудования до базовой станции и 1,5 Гбит/с на расстоянии между ними равном одной миле (1,6 км);
- оборудование компании Samsung: совместные тесты с немецким оператором T-Mobile начались в конце 2016 г. До этих тестов компания Samsung смогла продемонстрировать передачу сигнала в диапазоне 28 ГГц на дальности 2 км со скоростью 1,056 Гбит/с с использованием 64-элементной антенной решетки.

Анализ опубликованных результатов тестов оборудования 5G показывает, что усилия разработчиков в большинстве тестов направлены на освоение миллиметрового диапазона волн для мобильной связи и реализацию двух из трех бизнес-сценариев – на создание экстремально широкополосного (улучшенного) мобильного доступа xMBB со скоростями выше 20 Гбит/с на основе новых видов сигнально-кодированных конструкций и на сокращение задержек для ультранадежных сетей 5G при межмашинном обмене данными mMTC.

Ни один из разработчиков не продемонстрировал возможности подключения до 1 млн датчиков на 1 км<sup>2</sup>. С учетом анонсированных запусков предкоммерческих версий сетей 5G на Чемпионате мира по футболу 2018 г. в России и на XXIII зимних олимпийских играх в Корее времени у разработчиков остается не много.

## Проблема выделения частот тормозит развитие 5G

Стандартизация технологии мобильной связи 5G внесена

в перспективные планы работ ведущих международных организаций связи, занимающихся стандартизацией в области электросвязи: МСЭ, партнерских проектов 3GPP и oneM2M, а также ETSI и других региональных органов стандартизации. Нормативно-технологической базой стандартизации 5G в условиях дальнейшей либерализации рынков мобильной связи становятся открытые стандарты, создаваемые на международном и региональных уровнях стандартизации.

Разработка стандартов для сетей 5G обеспечивает единство технической политики и технологических решений, эффективное использование радиочастотного спектра, межсетевую совместимость, безопасность и качество услуг, повышая возможности для конкуренции производителей абонентского и сетевого оборудования, приложений 5G на этапе разработки стандартов.

Нерешенность вопросов выделения полос частот для использования в сетях 5G становится проблемой при реализации технических решений разработчиками оборудования. Эта неопределенность также существенно затрудняет и удорожает разработку стандартов 5G, поскольку разработчикам стандартов придется вносить кроме многовариантности в технологиях радиоинтерфейса 5G еще и многовариантность в диапазонах используемых частот 5G. ■

### Литература

1. Тихвинский В.О., Бочечка Г.С. Концептуальные аспекты создания 5G // *Электросвязь*. 2013. № 10. С. 29–33.
2. *FG IMT-2020: Report on Standards Gap Analysis (TD 208 (PLEN/13))*, 2015.
3. *Draft Terms and definitions for IMT-2020 in ITU-T (O-040)*.
4. *Draft ITU-T Technical Report: Application of network softwarization to IMT-2020 (O-041)*.
5. *Draft ITU-T Recommendation: Requirements of IMT-2020 from network perspective (O-042)*.
6. *Draft ITU-T Recommendation: Framework for IMT-2020 network architecture (O-043)*.

7. *Draft ITU-T Recommendation: Requirements of IMT-2020 fixed mobile convergence (O-044)*.
8. *Draft Technical Report: Unified network integrated cloud for fixed mobile convergence (O-045)*.
9. *Draft ITU-T Recommendation: IMT-2020 network management requirements (O-046)*.
10. *Draft ITU-T Recommendation: Network management framework for IMT-2020 (O-047)*.
11. *Draft ITU-T Technical Report: Application of information centric networking to IMT-2020 (O-048)*.
12. *Report ITU-R M.2320 – Future technology trends of terrestrial IMT systems (November 2014)*.
13. *Recommendation ITU-R M.2083 – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond (September 2015)*.
14. *Report ITU-R M.2376 – Technical feasibility of IMT in bands above 6 GHz (July 2015)*.
15. *IPR Ad Hoc Group and endorsed by TSAG. ITU meeting on 11 November 2005 (www.itu.int/en/ITU-T/ipr/Pages/open.aspx)*.
16. *Dino Flore. LTE evolution and 5G// CEPT ECC Seminar on 5G, Mainz, Germany, 2016*.
17. *3GPP TR 23.799 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Architecture for Next Generation System*.
18. *3GPP TR 38.913 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies (Release 14)*.
19. *3GPP TR 38.801 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces (Release 14)*.
20. *3GPP TR 38.802 V14.0.0 (2016-11) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on New Radio (NR) Access Technology; Physical Layer Aspects (Release 14)*.