

Вопросы стандартизации спутникового сегмента IMT-2020/5G в международных организациях

Виктор Стрелец, председатель ИК4 МСЭ-R, научный консультант ФГУП НИИР, к.т.н.

DOI: 10.34832/ELSV.2020.11.10.001

Каждые 10 лет мир встречает новое поколение сетей подвижной связи. Если сотовые сети первого поколения (1G) перестали функционировать, то эксплуатация сетей связи 2G, 3G и 4G продолжается до сих пор. Более того, некоторое количество унаследованной инфраструктуры сетей 3G и 4G органично войдет в состав мобильных сетей пятого поколения IMT-2020/5G.

Сети IMT-2020/5G значительно расширяют ограниченный функционал мобильных сетей предыдущих поколений. Не останавливаясь на основных функциональных особенностях сетей 5G (усовершенствованный мобильный широкополосный доступ eMBB (enhanced MBB), сверхнадежные коммуникации с низкой задержкой (Ultra Low Latency Reliable Communication, ULLRC) и массивные межмашинные коммуникации Massive IoT/IIoT (massive Machine Type Communication, mMTC)), отметим, что 5G – это не просто следующее «G», а *объединение сильных сторон различных технологий для обеспечения смены парадигмы в области инфокоммуникаций* (рис. 1). Понимание этой новой ситуации требует переосмысления традиционных подходов к организации взаимодействия всех заинтересованных сторон процесса построения и использования экосистемы IMT-2020/5G.

Понятно, что разносторонний функционал, закладываемый в сети IMT-2020/5G, может быть выполнен

только на глобальной основе с учетом всех ограничений на протяженность территорий, плотность населения, труднодоступность географических районов и т.д. Эти ограничения приводят к тому, что в настоящее время менее 40% земной поверхности покрыты сетями LTE. Поэтому реализовать повсеместное развертывание сетей IMT-2020/5G без использования спутникового сегмента будет затруднительно или даже практически невозможно.

Целесообразно оценить степень участия международных и региональных организаций в области связи, соответствующих консорциумов, ассоциаций, научных организаций в решении вопросов стандартизации спутникового сегмента экосистемы IMT-2020/5G.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ IMT-2020/5G

В процесс стандартизации технологий IMT-2020/5G вовлечены крупнейшие сообщества: Международный союз электросвязи (МСЭ), являющийся специализированным агентством при Организации Объединенных Наций (ООН), Партнерский проект 3GPP (3rd Generation Partnership Project), ETSI, 5GPPP, NGMN и др.

В целом стандартизация технологий проходит по той же схеме, по которой формировались стандарты для технологий 3G и 4G. В Секторе радиосвязи МСЭ (МСЭ-R)

Рисунок 1
Смена парадигмы инфокоммуникаций

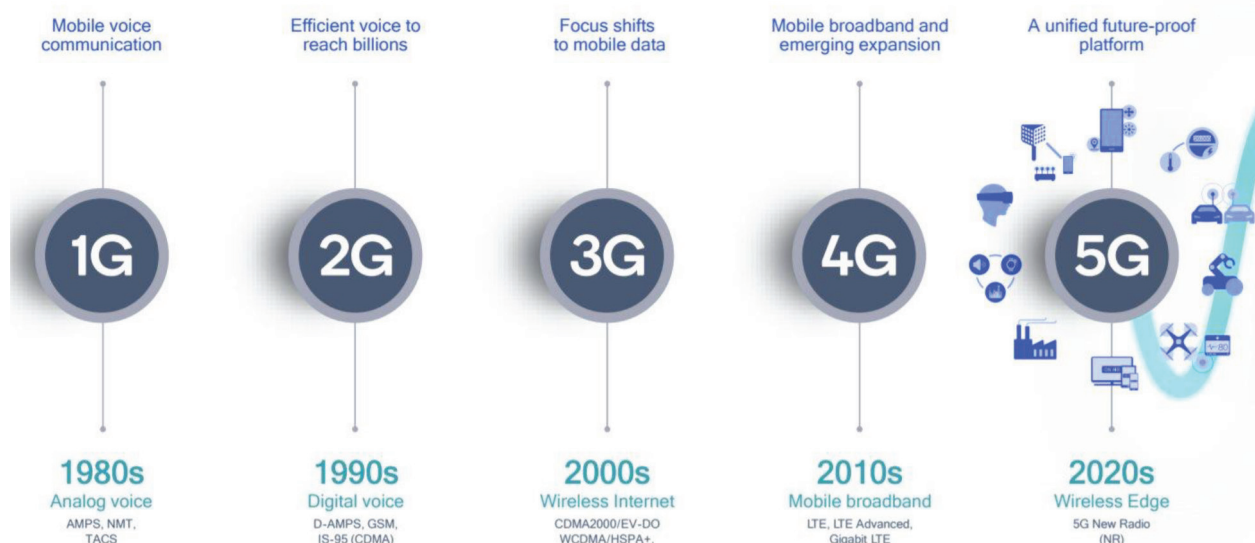
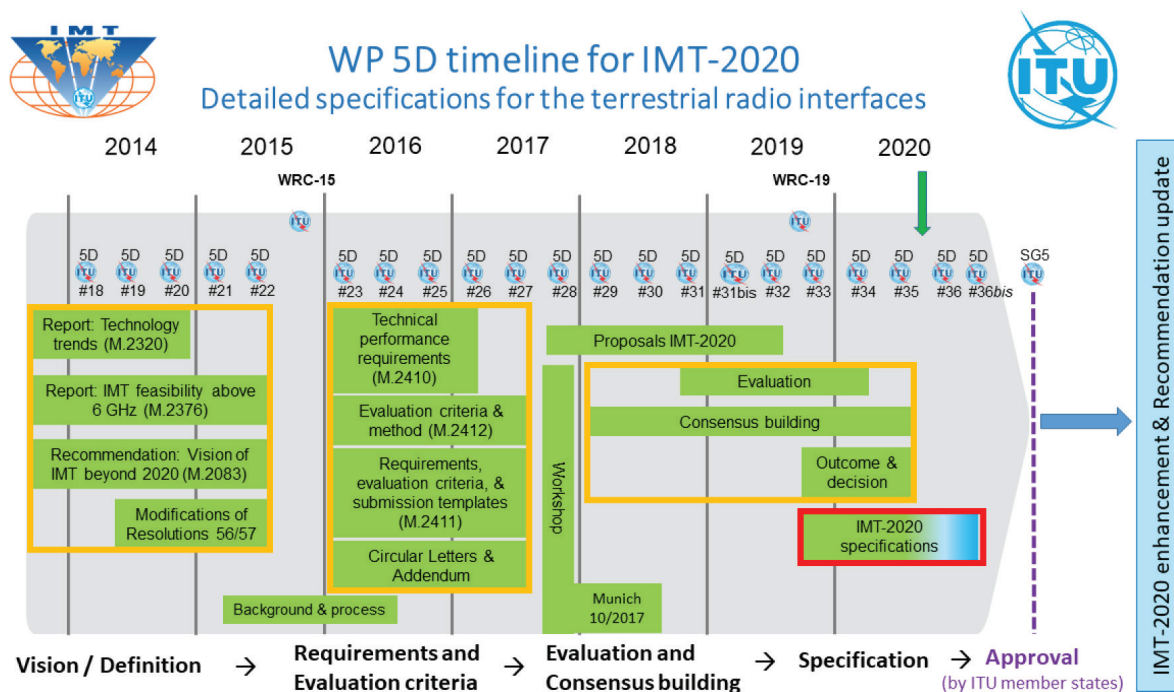


Рисунок 2

План исследований Рабочей группы 5D



за разработку детальных спецификаций для наземных радиоинтерфейсов IMT-2020 отвечает Рабочая группа 5D (Системы IMT) 5-й Исследовательской комиссии МСЭ-R. С 2014 г. было проведено более 20 собраний РГ 5D.

Основная задача РГ 5D состоит в исследовании технических вопросов, вопросов использования спектра и других аспектов, касающихся IMT, включая продолжающееся расширение сценария использования, поддерживаемого как узкополосной, так и широкополосной IMT, для растущего числа глобальных применений в сфере электросвязи, развлечений и IoT, текущую разработку IMT-2020 в поддержку сетей 5G. Детальный план исследований по данному направлению представлен на рис. 2.

К важным достижениям РГ 5D в области технологических аспектов относятся подготовка следующих документов:

- Отчет МСЭ-R М.2410-0 «Минимальные требования к техническим характеристикам радиоинтерфейса(ов) IMT-2020»;
- Отчет МСЭ-R М.2411-0 «Требования, критерии оценки и шаблоны для представления, касающиеся разработки систем IMT-Advanced»;
- Отчет МСЭ-R М.2412-0 «Руководство по оценке технологий радиоинтерфейса для систем IMT-2020».

Ожидается, что весь процесс IMT-2020 завершится в конце 2020 г. с первым выпуском планируемой новой Рекомендации МСЭ-R М.[IMT-2020. SPECS] «Подробные спецификации наземных радиоинтерфейсов Международной подвижной электросвязи-2020 (IMT-2020)». В процессе разработки IMT-2020 продолжается успешное партнерство в области IMT между МСЭ-R и внешними организациями, и таким образом IMT-2020 возглавляет и поддерживает международные усилия в области 5G. Проект новой Рекомендации «Подробные спецификации наземных радиоинтерфейсов Международной подвижной электросвязи-2020 (IMT-2020)» будет представлен для одобрения на собрании 5-й Исследовательской комиссии (ИК5), которое состоится 23 ноября 2020 г.

Предполагается, что ИК5 примет решение о применении процедуры

одновременного одобрения и утверждения по переписке. Таким образом, ожидается, что **в начале следующего 2021 года телекоммуникационное сообщество будет иметь принятый на международном уровне стандарт IMT-2020.**

Для обеспечения возможности получить подробную информацию о разработке IMT-2020 Бюро радиосвязи создало соответствующую веб-страницу МСЭ о развитии IMT до 2020 г. и далее (<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/submission-eval.aspx>).

Следует отметить, что исследовательские комиссии МСЭ-R разрабатывают рекомендации, отчеты и справочники (все они находятся в публичном доступе и бесплатны), которые содержат новейшие глобальные технические стандарты, касающиеся оборудования спутниковых систем или примеры передового опыта в области управления использованием ресурсов спектра/орбиты. Одна из текущих тем, изучаемых ИК4 МСЭ-R, связана с интеграцией спутниковой связи в

Таблица 1

Функциональные возможности для спецификаций Release 15 и Release 16

Release 15 3GPP (5G, фаза 1)	Release 16 3GPP (5G, фаза 2)
<ul style="list-style-type: none"> Улучшенный мобильный широкополосный доступ (eMBB) Ультранадёжная связь со сверхнизкой задержкой (URLLC) Диапазоны < 52,6 ГГц Ортогональный радиointерфейс на базе OFDM Неавтономная архитектура 5G (NSA) с подключением к ядру EPC системы LTE Автономная архитектура с новым ядром 5G Взаимодействие с системой LTE Разделение уровней управления и пользовательского трафика (CP/UP Split) Сегментирование сети (Network Slicing) Процедуры QoS Управление сессиями и мобильностью Управление политиками обслуживания, функции тарификации, безопасности Поддержка IMS, SMS Взаимодействие с сетями не-3GPP без доверительного доступа (untrusted Non-3GPP) 	<ul style="list-style-type: none"> Подавление помех 5G SON & Big Data Улучшения 5G MIMO Улучшение определения местоположения в 5G Улучшение потребления энергии в 5G Улучшения Dual Connectivity Device capabilities exchange Динамичный и гибкий TDD Неортогональный множественный доступ (Non-orthogonal Multiple Access, NOMA) 5G Vehicle to X (V2X) 5G промышленный интернет вещей (IIoT) Интеграция каналов доступа и транспорта (Integrated Access and Backhaul) Функционирование 5G в нелегальном частотном спектре Спутниковый домен для сетей 5G 5G выше 52,6 ГГц

экосистему 5G. В отчете «Состояние широкополосной связи в 2018 г.: широкополосная связь как катализатор устойчивого развития», опубликованном Комиссией по широкополосной связи в интересах устойчивого развития, отмечается: «Спутниковые технологии способны также помочь в уменьшении заторов и перегрузки сетей. В будущем они будут поддерживать 5G и обеспечивать связь в те периоды времени и в тех местах, где наземные сети недоступны». Ввиду этого сейчас крайне важно провести необходимые исследования, с тем чтобы гарантировать интеграцию систем спутниковой связи с наземными системами для обеспечения конечным пользователям бесперебойного доступа.

МСЭ разрабатывает высокоуровневые стандарты ИТ: видение технологии, требования к характеристикам, спецификации. Детализированные стандарты разрабатываются 3GPP, IEEE и другими организациями.

Задача 3GPP – формулировка технических требований, оценка предложений и окончательное принятие стандартов. Консорциум 3GPP начал формирование спецификации 5G-NR (NR – New Radio, технология радиодоступа для сетей подвижной связи 5-го поколения) в 2015 г. Кроме разработки общей архитектуры, 3GPP разрабатывает стандарты радиотехнологий 5G New Radio (NR) для новых частотных диапазонов, выделяемых под 5G.

В связи с сокращением сроков стандартизации консорциум 3GPP вынужден уменьшить количество рассматриваемых и специфицируемых опций:

Release 14 3GPP – Фаза исследований: услуги, требования, новый радиointерфейс, новая архитектура;

Release 15 3GPP – Фаза 1: спецификации для срочной реализации и коммерциализации первых сценариев использования;

Release 16 3GPP – Фаза 2: спецификации для срочной реализации и коммерциализации первых сценариев использования.

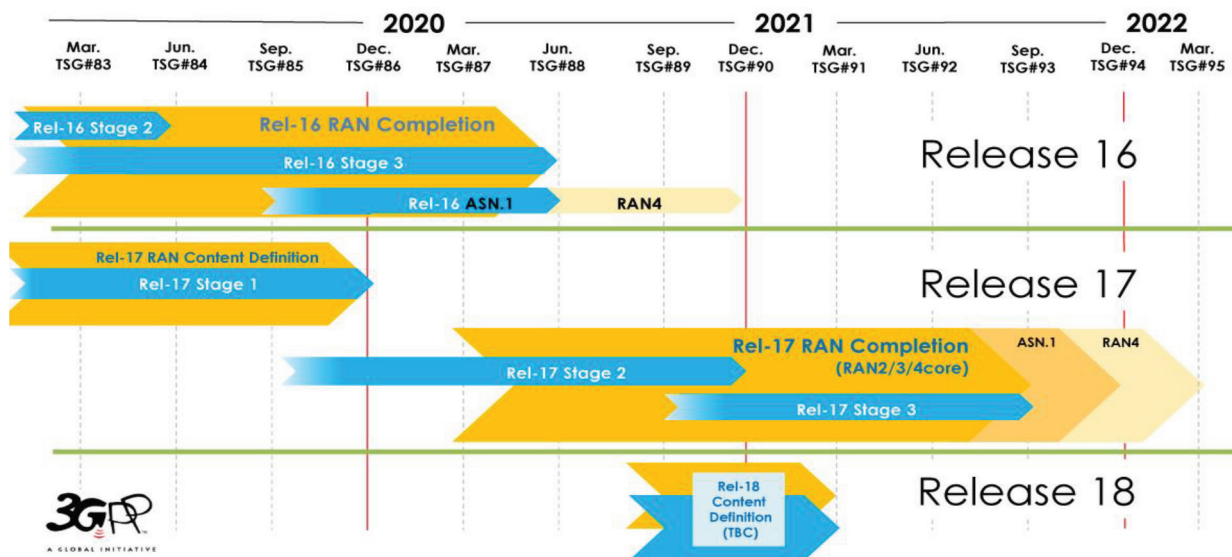
3 июля 2020 г. 3GPP полностью завершил работу по первой полномасштабной версии 5G – Release 16.

Каждый из принимаемых релизов является стандартом, который охватывает определенные функциональные возможности. В табл. 1 приведены функциональные возможности для спецификаций Release 15 и Release 16.

Таким образом, Release 16 3GPP позволит повысить эффективность сетей 5G и расширить применение технологий пятого поколения.

Рисунок 3

График работ 3GPP по рассмотрению Release 16, Release 17 и Release 18



Source: 3GPP TSG SA#87e, 17-20 March 2020, e-meeting document SP-200222

© 3GPP 2020

Рисунок 4

Пример сотрудничества МСЭ-R (РГ 5D) и 3GPP по стандартизации 5G

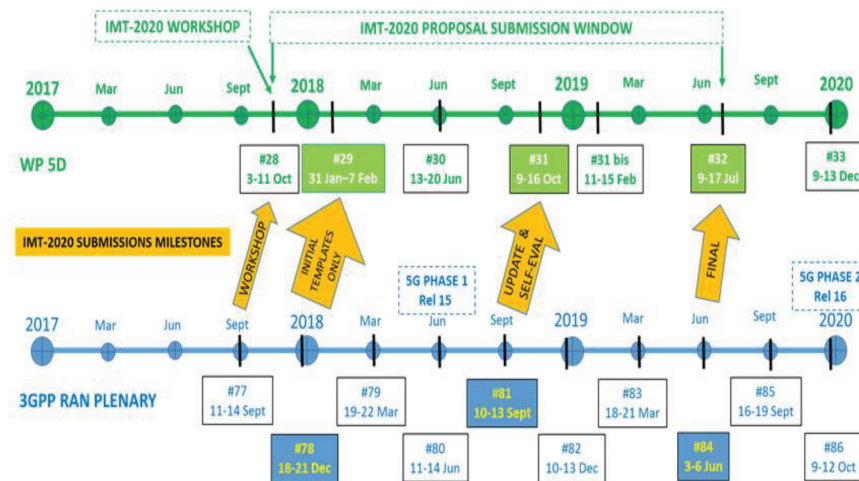


Рисунок 5

Спецификация архитектуры спутникового компонента 5G в Release 17 3GPP

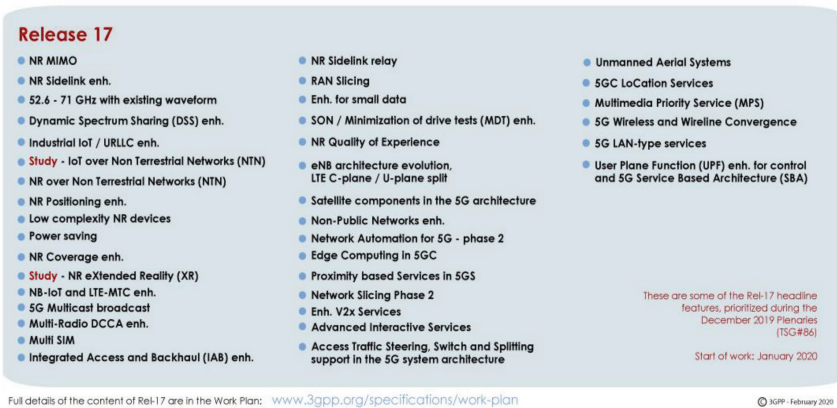


Рисунок 6

Сценарий интегрированной сети радиодоступа 5G, использующий для передачи данных воздушное/космическое средство

NON TERRESTRIAL NETWORK SCENARIOS

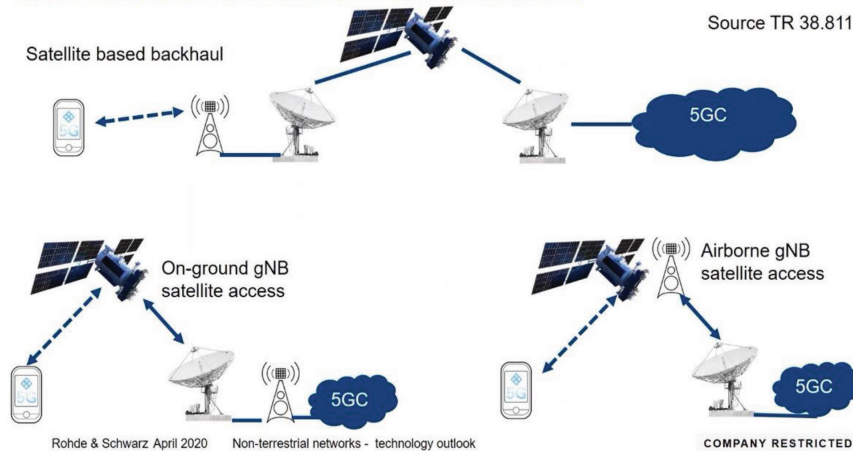


График работ 3GPP по рассмотрению Release 16, Release 17 и Release 18 представлен на рис. 3.

Следует отметить, что основные стандартизирующие организации стараются синхронизировать свою работу с целью получения конечного результата. Пример такого конструктивного сотрудничества между МСЭ-R (РГ 5D) и 3GPP отражен на рис. 4.

В настоящее время 3GPP приступил к работе над Release 17 3GPP (рис. 5), который планируют принять в 2021 г. Одним из ожидаемых результатов этой работы является спецификации архитектуры спутникового сегмента 5G.

Важно, что еще в рамках работ над Release 16 3GPP был опубликован Отчет TR 22.822, в котором предложены бизнес-кейсы спутникового сегмента сети 5G. Главным из них является интернет вещей, определены также требования к обеспечению трансграничных сценариев соединения, основные характеристики спутникового сегмента сети 5G: классы орбит, геометрия зон покрытия и задержки сигнала при распространении, сетевая архитектура.

Спутниковый сегмент сетей 5G включен в интегрированную сеть радиодоступа 5G, предоставляемого через спутниковую инфраструктуру и базовую сеть 5G (Core 5G) (рис. 6).

Техническими спецификациями 3GPP определено несколько вариантов использования спутниковых сетей 5G. При этом под спутниковыми сетями 5G понимаются сети, в которых сеть радиодоступа NG-RAN (Next Generation Radio Access Network) построена с использованием спутниковой сети.

Поддерживаемые через спутниковый сегмент услуги 5G не ограничиваются только передачей данных и голосовыми сервисами, а дополняются услугами соединения с устройствами IoT и M2M, вещания и рядом других, толерантных к задержкам сигнала.

Первоначально 3GPP рассматривала три различных сценария развертывания спутникового сегмен-

Таблица 2

Снижение роли МСЭ в подготовке спецификаций для IMT

Рекомендация МСЭ-Р	Название рекомендации
IMT-2000 3G	
M.818-2	Эксплуатация спутников в рамках Международной подвижной электросвязи-2000 (IMT-2000)
M.1167-0	Структура спутникового сегмента Международной подвижной электросвязи-2000 (IMT-2000)
M.1391-1	Методология расчета требуемого радиочастотного спектра для спутниковой составляющей IMT-2000
M.1645-0	Основа и общие цели будущего развития систем IMT2000 и последующих систем
M.1850-2	Подробные спецификации радиointерфейсов для спутникового сегмента Международной подвижной электросвязи-2000 (IMT-2000)
M.2014-1	Глобальное обращение спутниковых терминалов IMT
IMT-Advanced 4G	
M.2047-0	Подробные спецификации спутниковых радиointерфейсов перспективной Международной подвижной электросвязи (IMT-Advanced)
IMT-2020 5G	
-	Отчет МСЭ-Р M.2460-0 «Ключевые элементы интеграции спутниковых систем в технологии доступа следующего поколения»

Таблица 3

Резолюции, представляющие особый интерес для исследований ИК4

Резолюция МСЭ-Р	Название резолюции
47-2	Будущее представление предложений по технологиям спутниковой радиопередачи для системы IMT-2000
50-3	Роль Сектора радиосвязи в текущем развитии IMT
56-2	Определение названий для Международной подвижной электросвязи
57-2	Принципы процесса разработки системы IMT-Advanced
65	Принципы процесса будущего развития систем IMT на период до 2020 г. и далее

та 5G. К настоящему времени количество сценариев использования спутниковых сетей 5G в технических спецификациях 3GPP увеличилось до 11. При этом анализируются группировки космических аппаратов на низких околоземных орбитах (LEO), средних околоземных орбитах (MEO), геостационарной околоземной орбите (GEO) или на высокоэллиптических орбитах (HEO).

Концепция применения спутникового сегмента 5G, принятая на сегодня, основана на следующих предположениях:

- спутниковый сегмент будет интегрироваться с другими сетями мобильной и фиксированной связи — интеграция спутникового и наземного сегмента 5G является ядром этого допущения;
- системы космической связи являются фундаментальными компонентами для надежного предоставления услуг 5G во всех регионах мира, все время и по доступной цене;
- спутниковый сегмент 5G будет способствовать характеристикам глобальности, расширению

возможностей услуг 5G и решению проблем, связанных с поддержкой роста мультимедийного трафика, повсеместного покрытия, межмашинной связи и критически важных телекоммуникационных миссий при оптимизации стоимости для конечных пользователей;

- космический сегмент может стать частью гибридной сетевой конфигурации, состоящей из широкополосной и широкополосной инфраструктуры, управляемых таким образом, чтобы они обеспечивали бесперебойную и немедленную конвергенцию услуг 5G для всех конечных пользователей.

Расширяется участие в 3GPP представителей индустрии спутниковой связи, причем компании и организации убеждены в рыночном потенциале интегрированной инфраструктуры спутниковой и наземной сетей в контексте 5G.

Альянс NGMN (Next Generation Mobile Networks), объединяющий мобильных операторов, вендоров и научные институты, и **Ассоциация ESOA операторов спутниковой связи стран EMEA** (Европа, Ближний Восток и Африка) объявили о сотрудничестве в части расширения охвата сетями связи 5G труднодоступных территорий. Стороны намерены интегрировать космические системы с наземной инфраструктурой операторов мобильной связи для того, чтобы обеспечить 100%-ное покрытие во всех населенных пунктах. Соответствующее соглашение Альянс NGMN и Ассоциация ESOA подписали 5 февраля 2020 г. ESOA также является партнером 3GPP по представительству на рынке. Меморандум о таком сотрудничестве подписан 19 октября 2018 г.

Европейское космическое агентство (ЕКА) инициировало проект «Satellite for 5G», собрав в один консорциум компании спутниковой отрасли для исследований возможности создания спутникового сегмента сети 5G. Члены консорциума (EURESCOM, Fraunhofer Fokus, Fraunhofer IIS, NewTEC, SES, TU Berlin, Universität der Bundeswehr и др.) уже приступили к работам по созданию испытательного комплекса SATis5, который будет помогать внедрять, развертывать и оценивать интегрированную спутниковую сеть стандарта 5G, демонстрируя преимущества спутниковой интеграции с наземной инфраструктурой в целях содействия внедрению новых технологий.

Кроме того, рабочая группа FM44 Европейского комитета ECC SEPT подготовила Отчет SEPT 280 «Satellite Solutions for 5G», в котором определила роль спутникового сегмента в концепции сети 5G в тех районах, где абоненты не могут быть обслужены без использования спутников.

Таким образом, многие авторитетные организации в области связи и стандартизации отмечают, что использование потенциала спутниковых технологий позволяет максимально повысить охват и возможности сетей 5G.

Системы спутниковой связи (ССС) уже обеспечи-

вают приемлемыми в ценовом отношении соединениями многочисленных пользователей во всем мире, до этого недостаточно охваченных услугами связи или не подключенных к ним. Поскольку наземные сети 5G планируются главным образом для густонаселенных районов, существует реальный риск превращения «цифрового разрыва» в «пропасть». Дальнейшее развертывание ССС поможет предотвратить эту угрозу. Спутники также обеспечивают широкополосные соединения для таких критически важных отраслей, как нефтегазовая и горнодобывающая промышленность, соединения с сотнями миллионов подключаемых каждый год устройств на борту подвижных платформ: автомобилей, самолетов, поездов и морских судов. К этому скоро добавятся соединения с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), устройствами интернета вещей (IoT), автомобилями и автобусами без водителя.

РОЛЬ МСЭ В СТАНДАРТИЗАЦИИ СПУТНИКОВОГО СЕГМЕНТА В ЭКОСИСТЕМЕ IMT-2020

Подводя итог рассмотрению вопроса о статусе стандартизации экосистемы 5G в МСЭ и сроков принятия окончательного стандарта, подчеркнем, что Союз играет ведущую роль в управлении использованием радиочастотного спектра и разработке применимых в глобальном масштабе стандартов IMT-2020. МСЭ работает над обеспечением стабильной международной нормативной правовой базы, достаточного объема спектра и подходящих стандартов IMT-2020 и базовой сети, чтобы гарантировать успешное развертывание 5G на региональном и международном уровнях.

Однако нельзя не сказать, что битва в МСЭ за радиочастотный спектр слишком долго использовалась в качестве предлога, чтобы отрицать взаимодополняемость спутниковых и наземных технологий, поэтому **в новых спецификациях МСЭ по IMT-2020 по-прежнему не уделяется должного внимания вопросам спутникового сегмента экосистемы 5G.** В табл. 2 показано постепенное снижение роли МСЭ в процессе подготовки новых спецификаций для различных поколений IMT.

Другой причиной снижения активности МСЭ-R в вопросах разработки спецификаций для спутникового сегмента IMT-Advanced и IMT-2020, по всей видимости, является тот факт, что на этапе создания сетей 3G (IMT-2000) глобальность предоставления услуг была одним из основных требований к построению сетей 3G, которые предусматривали создание и спутникового сегмента. Но в процессе развития сетей 4G идея глобального покрытия этими сетями даже не рассматривалась — в надежде на развитие конвергентных решений спутниковой и наземной мобильной связи. Эта тенденция сохраняется и при рассмотрении в МСЭ вопросов, связанных с IMT-2020.

Однако есть все основания для проведения таких

работ МСЭ-R, в частности 4-й Исследовательской комиссией. На прошедшей в 2019 г. Ассамблее радиосвязи было отмечено, что ряд резолюций представляют особый интерес для исследований, проводимых в рамках ИК4 (табл. 3).

Таким образом, в настоящее время сложилась парадоксальная ситуация. Все ведущие международные, региональные организации, а также ассоциации, консорциумы и партнерства, работающие по вопросам стандартизации 5G, признают роль спутникового сегмента в экосистеме 5G и активно разрабатывают стандарты для спутникового сегмента. В то же время МСЭ — ведущая международная организация в области связи и стандартизации электросвязи — проводит большую работу по подготовке спецификаций и стандартов верхнего уровня для IMT-2020 — но только в части наземного сегмента!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование потенциала спутниковых технологий позволяет максимально расширить охват и возможность сетей 5G. Это также увеличивает до максимума способность экосистемы 5G решать более серьезные проблемы, такие как распространение услуг высокоскоростного доступа на глобальной основе, повышение устойчивости сети и обеспечение повсеместного подключения в воздухе, на море и на суше во всем мире.

Предоставляя потребителям широкополосный доступ со скоростью до 100 Мбит/с, спутники связи открывают мир, обещающий всеобъемлющий экономический рост на основе средств связи нового поколения и сетей 5G. Без широкой зоны покрытия, надежности и устойчивости, которые обеспечивают системы спутниковой связи, бизнес-планы освоения важных вертикальных рынков могут оказаться неосуществимыми. Европейская комиссия и правительства ряда государств, в том числе Соединенных Штатов, а также Европейская конференция администраций почт и электросвязи (СЕПТ), 3GPP и Международный союз электросвязи уже признали роль этих систем и вносят вклад в процесс стандартизации спутникового сегмента технологии 5G.

Очевидно, что поздняя интеграция спутникового и наземного сегментов 5G окажется дорогостоящей и неэффективной, в результате чего многие возможности будут упущены.

Как вновь избранный председатель 4-й Исследовательской комиссии на ее первом собрании (6 ноября с.г.) буду стараться убедить коллег в важности и необходимости рассмотрения вопроса спутникового сегмента на заседаниях рабочих групп, а также обосновать целесообразность разработки проекта Рекомендации МСЭ-R M.[IMT-2020.SPASE-SPECS] «Подробные спецификации спутниковых радиоинтерфейсов Международной подвижной электросвязи-2020 (IMT-2020)».