

Попова Валентина Григорьевна (Popova Valentina Grigorevna)
Институт экономики и антикризисного управления, Россия, Москва (Institute of Economics
and Crisis management, Russia, Moscow)
vgpopova@list.ru
84955280910

Доцент департамента «Антикризисное управление и финансы» ИЭАУ, кандидат
технических наук

Сети 5G (5G Networks)

Аннотация

Статья посвящена тенденции развития мобильной связи. Особое внимание уделено перспективе развития сетей 5G, тестированию информационной технологии широкополосной связи в пилотных зонах "Сколково", "Лужники", Москва-сити города Москвы, а также в Санкт-Петербурге и Казани. Рассматривается области применения 5G в образовании, медицине, ЖКХ и беспилотном дорожном транспорте.

Annotation

The article is devoted to the trend of mobile communication development. Special attention is paid to the development of 5G networks, testing of broadband information technology in the pilot zones of Skolkovo, Lushniki, Moscow-city in Moscow, as well as in St. Petersburg and Kazan. The application of 5G is considered in education, medicine, housing and communal services, and unmanned road transport.

Ключевые слова: мобильная связь; сети 5G; тестирование информационной технологии; широкополосная связь; область применения.

Keywords: mobile communication; 5G networks; information technology testing; broadband communication; scope.

На данный момент в мире существует четыре поколения мобильной связи. Считается, что пятое поколение мобильной связи появится в России к 2020 году. Объяснить это достаточно просто: существует, так называемое, правило десяти лет. Если заглянуть немного в прошлое, можно заметить, что каждое новое поколение мобильной связи появлялось примерно через 10 лет после появления предыдущего: первое поколение появилось в начале 80- годов, второе в начале 90-х, третье в начале 2000-х, четвертое в 2009 году. Напрашивается вывод, что первые сети 5G появятся примерно в 2020 году.

Рассмотрим цель создания и назначение сетей 5G.

Сети мобильной связи предыдущих поколений имели следующие назначения и функционал:

1G: Услуги передачи речи по аналоговой сети.

2G: Услуги передачи речи по цифровой сети, низкоскоростные услуги передачи данных (GPRS, EDGE).

3G: Высокоскоростные услуги передачи данных (HSPA), с возможностью передачи голоса по сети IP, мобильный доступ к интернет MBB (Mobile Broadband).

4G: Мобильный широкополосный доступ MBB на базе LTE, LTE-A, передача голоса (VoLTE).

Сети 5G значительно расширяют ограниченный функционал мобильных сетей предыдущих поколений. Основными функциональными особенностями сетей 5G являются следующие:

Усовершенствованный мобильный широкополосный доступ eMBB (enhanced MBB)..

Сверхнадёжные коммуникации с низкой задержкой ULLRC (Ultra Low Latency Reliable Communication).

Массивные межмашинные коммуникации Massive IoT/IIoT, mMTC (massive Machine Type Communication).

На основе этих трёх генерализованных видов функционала строится всё многообразие услуг и возможностей сетей IMT2020 (5G).

Сотовые сети пятого поколения — пожалуй, самый ожидаемый стандарт за последние 30 лет. Зачем он нужен и почему еще не стал реальностью. [1]

В этом году в России была развернута первая тестовая сеть связи пятого поколения (5G). Приход массовых сетей 5G-связи ожидается вот-вот, но для внедрения этого стандарта предстоит решить массу проблем.

Необходимость перехода к 5G.

Расходы на пропуск всё возрастающего трафика по сетям операторов связи по состоянию на 2019 год не покрывается доходами от традиционных услуг. Поиск новых услуг, так называемых «killer application» традиционных телеком-платформ обычно не даёт ожидаемых результатов.

Между тем, основной рост трафика и доходов происходит не в секторе устройств людей, а в секторе устройств интернета вещей, который является одной из базовых целей функционала 5G.

Поэтому, сети 5G можно считать одной из необходимых составных частей цифровой трансформации и цифровой экономики.

Стандартизация технологий и решений 5G должна завершиться к 2021 году, поэтому термином 5G пока обозначаются лишь фрагментарные решения, которые в будущем войдут в состав полномасштабного решения IMT2020. Такие решения уже разворачиваются в разных странах, однако они пока носят локальный и тестовый характер, и не предоставляют весь планируемый функционал сетей стандарта IMT2020.

Основные стандартизирующие организации 5G по состоянию на 2019 год:

3GPP (3rd Generation Partnership Project) - альянс из семи организаций, разрабатывающих различные стандарты телекоммуникаций, в которые, в свою очередь входят другие партнёры. Задача 3GPP – формулировка технических требований, оценка предложений, и окончательное принятие стандартов. В середине 2017 года была принята версия общего стандарта Release 15, в настоящее время разрабатывается Release 16, которая будет принята в 2019 г. Кроме разработки общей архитектуры, 3GPP также разрабатывает стандарты радио-технологий 5G New Radio (NR) для новых частотных диапазонов, выделяемых под 5G.

ETSI (European Telecommunication Standard Institute), Европейский институт телекоммуникационных стандартов, который является членом 3GPP, и наиболее активно работает в области разработки стандартов 5G.

IETF (Internet Engineering Task Force) разрабатывает решения модернизации IP-протокола для поддержки виртуализации сетевых функций NFV (Network Function Virtualization). Например, IETF разработала технологию сцепки функций сервисов SFC (Service Function Chaining), которая комбинирует виртуализированные компоненты архитектуры 5G, например, базовые станции, шлюзы услуг и пакетов данных в едином маршруте. Это позволяет динамическое создание и сцепку виртуальных сетевых функций VNF (Virtual Network Functions). IETF работает в тесном взаимодействии с 3GPP.

ITU (International Telecommunication Union) – агентство ООН, расположенное в Женеве, которое занимается стандартизацией широкого спектра телекоммуникационных технологий. В частности, оно координирует работу по совместному использованию спектра радиочастот, в том числе для сетей 5G.

Кроме этих трёх основных координирующих организаций, есть ряд других, в которых ведётся планомерная практическая работа по разработке стандартов IMT2020 (5G).

5GPPP (5G Infrastructure Public Private Partnership), считается одним из ведущих партнёров по стандартизации 5G. Организация ставит амбициозные цели по разработке требований к сети 5G, например, увлечение ёмкости сети в 1000 раз, снижение энергопотребления пользовательских устройств на 90%, существенное сокращение времени создания новых сервисов и услуг, полное и безопасное сетевое покрытие и с пренебрежимо малой задержкой передачи данных, и прочие.

NGMN (Next Generation Mobile Networks) Alliance. Альянс мобильных сетей следующего поколения занимается стандартизацией полного спектра решений 5G. В альянс входит руководство ведущих американских операторов: AT&T, U.S. Cellular и Verizon.

Кроме указанных, существуют отраслевые и региональные организации, такие как 5G Americas, Small Cell Forum, которые также вносят большой вклад в разработку и стандартизацию решений 5G.

Большой вклад в разработку стандартов вносят также и крупные операторы связи, такие как AT&T, Verizon и др. Они координируют свою работу с ETSI и ITU, но иногда опережают эти организации. Поэтому решения этих операторов часто ложатся в основу стандартов ETSI и ITU. [2]

Текущие стандарты, например, плохо справляются с быстродвижущимися предметами, теми же самыми беспилотниками. Для распространения беспилотного транспорта будет нужна связь 5G, с которой мы сможем подключить сразу огромное количество устройств и не потерять из-за этого в скорости передачи данных или качестве связи.

В целом 5G, пожалуй, самый ожидаемый стандарт за последние 30 лет. Он сделает значительно доступнее реализацию умного дома, производства, города. Он позволит подключать большое количество устройств к каждой базовой станции, значит, в сеть напрямую смогут отправлять данные в реальном времени датчики, анализирующие состояние здания или воздуха. Благодаря низким задержкам сети станет реальным дистанционное управление промышленными роботами. Такой подход способен сильно изменить области применения связи и даже бизнес-модели в разных отраслях экономики. [3]

Южнокорейский оператор SK Telecom - одна из первых компаний, продемонстрировавшая в действии технологии 5G, на начальном этапе развертывания сетей нового поколения ориентируется на обычных пользователей как на основных потребителей услуг, рассказали TAdviser в феврале 2016 года представители компании. Благодаря 5G пользователи смогут смотреть 3D-телевидение без очков, скачивать за секунды или смотреть онлайн UltraHD видео на высокой скорости.

Также можно будет использовать на новом уровне приложения виртуальной и дополненной реальности, отмечают в SK Telecom. Например, включать элементы дополненной реальности в образовательный процесс, создавая виртуальные музеи и модели вселенной в классах. [4]

В Китае операторы связи вместе с Китайским институтом информационно-телекоммуникационных исследований объявили о старте технологических испытаний мобильной связи пятого поколения (5G).

Принципиальное отличие этого стандарта от предыдущего - повышение скорости доступа почти в 10 раз и уменьшение задержек. Максимальная анонсированная скорость в сетях 5G - 12 гигабит в секунду. Пока это трудно даже вообразить, но фильмы в сетях 5G будут скачиваться почти мгновенно. Кроме того, в сети 5G стоимость передачи видео должна быть примерно в 4-5 раз меньше, чем в действующих сейчас сетях LTE. В пяти городах Китая развернут 5G-сети.

Крупнейшую в мире испытательную 5G-сеть намерена построить в Китае компания ChinaMobileCommunicationsCorp. По словам председателя правления корпорации, тесты должны начаться в пяти городах.

В список первоочередных населённых пунктов попали Ханчжоу, Шанхай, Гуанчжоу, Сучжоу и Ухань. В каждом из них будет развёрнуто более ста базовых 5G-станций, сообщил председатель ChinaMobile Шан Бин на Всемирном мобильном конгрессе в Барселоне. Он добавил, что компания ускорит разработку 5G-сетей в 12 городах, включая Пекин, Чэнду и Шэньчжэнь.

Благодаря стремительному развитию телекоммуникаций Китай стал мировым пионером по внедрению новшеств. А операторы связи в стране борются за лидерство в гонке по коммерциализации 5G-сетей и мобил

Китай торопится завершить собственную серию испытаний 5G для того, чтобы получить максимальную выгоду. Ожидается, что сверхбыстрый 5G-стандарт позволит потребителям загружать фильмы в считанные секунды и поможет воплотить в реальность беспилотное автовождение.

Официальные лица страны объявили о начале третьего этапа технических исследований и разработок 5G. К ним привлечена корпорация HuaweiTechnologiesCoLtd – крупнейший в Китае производитель телекоммуникационного оборудования. Разработчики стремятся создать потенциально рентабельные 5G-продукты настолько быстро, насколько это возможно.

Компания ChinaMobile также заявила на конференции, что ей удалось разработать сквозное соединение между крупнейшей базовой станцией, терминальным чипом и испытательным прибором на основе нового стандарта радиосвязи 3GPP (англ. 3rd GenerationPartnershipProject — консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии). Этот проект регулирует глобальные сотовые стандарты.

Таким образом корпорация из Пекина вышла на первое место в мире как поставщик телекоммуникационных услуг. Ранее сообщалось, что она намерена развернуть более десяти тысяч базовых 5G-станций к 2020 году. [5]

«Несмотря на быстрое развитие 5G, его коммерческое применение вступило в критическую фазу, когда телекоммуникационные компании сталкиваются с множеством проблем», – сказал вице-президент ChinaMobile Ли Чжэнмао. По его словам, надлежит приложить больше усилий для разработки технологий, необходимых для коммерческого применения 5G.

Крупнейшую в мире тестовую 5G-сеть намерены развернуть в этом году в Китае все три крупнейших оператора – China Mobile Communications Corp (CMCC), China Unicom (CUCC) и China Telecom (CTCC). [6]

Простых пользователей больше всего волнует вопрос - смогут ли их смартфоны и планшеты работать на беспроводных сетях нового поколения или придется покупать новый девайс? Историю со сменой стандарта связи мы проходили уже ни один раз. Например, сейчас смартфон, работающий с сетью LTE (4G), обязательно поддерживает связь в стандартах и 3G, и даже 2G. С новой технологией будет то же самое. [7]

Первая экспериментальная зона сети заработала на территории инновационного центра «Сколково». На очереди — Татарстан и петербургский Эрмитаж.

В опытной зоне в Сколково планируется тестировать экспериментальное оборудование. Так, участники проекта уже успешно проверили работу 5G-модема. Основная цель — показать перспективы сетей связи пятого поколения в различных отраслях экономики. В числе участников — Nokia, «Ростелеком» (владелец лицензии на частоты в диапазоне 3400-3800 МГц), «Мегафон» и сам фонд «Сколково».

Следующий на очереди — Государственный Эрмитаж. В музее новые технологии планируется использовать для создания программ дополненной реальности и тактильного интернета.

В то же время в Татарстане 5G опробуют сразу в двух городах. Сначала тестовую зону поколения развернут у стадиона «Казань-Арена». Новые технологии будут использовать для обеспечения связью болельщиков.

Стандарт сотовой связи 5G официально был утвержден организацией 3GPP лишь 20 декабря 2017 года. Это консорциум, который регулирует и разрабатывает спецификации для мобильной связи во всем мире.

Полноценная связь 5G появится в российских городах с населением от 300 тыс. жителей к 2025 году.

Минимум в восьми городах-миллионниках сети пятого поколения должны появиться уже в 2020 году, к 2025 году — еще в 15 городах. [8]

МТС и Huawei договорились вместе развивать 5G в России

Российский мобильный оператор МТС и китайская Huawei подписали соглашение о пилотных запусках в России сетей 5G в 2019–2020 гг. и развитии этой технологии, говорится в сообщении компаний. Церемония подписания соглашения прошла в Кремле в присутствии президента России Владимира Путина и председателя КНР Си Цзиньпина.

Компании планируют внедрять технологии и решения 5G и интернета вещей (IoT) на инфраструктуре МТС, запускать тестовые зоны и пилотных сети 5G, в том числе и на инфраструктурных объектах. «Huawei обладает огромным опытом в развитии сетей пятого поколения, возглавляя гонку на пути к этой технологии», – отметил представитель Huawei Го Пина. Он добавил, что Huawei получила более 16 000 патентов в области 5G, и рассчитывает, что совместные с МТС усилия приблизят эпоху 5G в России.

Ранее все российские операторы заявили о готовности к тестированию 5G. Так, «Вымпелком» обещал несколько пилотных зон для тестирования таких технологий до конца года. Оператор планирует провести на них тесты, которые позволят ускоренно разворачивать фрагменты сети 5G в будущем и продемонстрировать приложения в области виртуальной реальности, медицины и интернета вещей, говорил его представитель. «Мегафон», ранее тестируя сети 5G, показывал возможности удаленной ультразвуковой диагностики, комплекса связи для оперативных служб города и единой мониторинговой платформы окружающей среды, перечислил его представитель. [9]

Москва форсирует тестирование 5G.

Новые пилотные зоны появятся в Москве-сити и Лужниках.

«Ростелеком», Tele2 и Ericsson вместе протестируют 5G в Москве. [10]

«Ростелеком» присоединился к Tele2 и Ericsson в тестировании 5G в Москве. На Петербургском международном экономическом форуме компании заключили соответствующее соглашение, сообщают они в совместном пресс-релизе. Испытания пройдут на сети Tele2 в диапазоне 27 ГГц. В тестировании будут использованы оборудование Ericsson и каналы связи «Ростелекома».

У Ericsson есть полный комплекс технических решений для сетей 5G, а также опыт их внедрения и эксплуатации: на оборудовании компании развернуты восемь действующих сетей 5G в США, Южной Корее, Швейцарии и Австралии, отмечается в сообщении, а Tele2 и «Ростелеком» обладают сетевой инфраструктурой и получили лицензии для проведения таких тестов.

Московская сеть технологически готова к запуску стандарта, а сотрудничество с Ericsson расширило ареал потенциального внедрения 5G почти до половины регионов присутствия Tele2, заявил генеральный директор Tele2 Сергей Эмдин, чьи слова приводятся в сообщении.

Ранее на Всемирном мобильном конгрессе в Барселоне, который прошел в феврале, Tele2 и Ericsson подписали соглашение об установке 50 000 базовых станций с поддержкой 5G. Проект охватит 27 регионов России, включая Москву и Санкт-Петербург.

Координировать пилотные зоны для тестирования 5G в Москве будет Департамент информационных технологий. Правительство Москвы подписало соглашения с операторами связи, и у каждого оператора большой четверки будет своя зона, рассказывал «Ведомостям» представитель департамента. Назывались и предполагаемые площадки – «Лужники» и «Москва-сити», и расширенный диапазон частот, на которых пройдут тесты – 25,25–29,5 ГГц. МТС, «Вымпелком» и «Мегафон» подтверждали свою готовность участвовать в проекте. [11]

На основе материалов в таблице представлено развитие мобильной связи 5G в России.

	2015	2016		2017	2019				
Мегафон	■	■	■		■		■	■	■
Tele2						■	■		
Ростелеком							■	■	■
Вымпелком (Билайн)					■				
МТС		■	■	■					■
Huawei	■					■			
Nokia		■	■	■		■		■	
Ericson		■					■		■

- - соглашение
- - демонстрация
- - соглашение, пилотные зоны
- - развитие технологий связи пятого поколения (LTE-A)
- - видеозвонок
- - развитие мобильной связи 5G на основе совместного предприятия ООО "Новые цифровые решения"

Таблица. Развитие мобильной связи 5G в России.

Эффективность 5G доказали при помощи высокоскоростного поезда. Крупнейший японский оператор мобильной связи NTT docomo, количество абонентов которого превышает 56 000 000 пользователей, доказал эффективность 5G во время эксперимента с высокоскоростным поездом. Тестирование подтвердило, что новое поколение действительно может гарантировать невероятную скорость работы интернета.

Компания NTT docomo устроила настоящее гоночное соревнование между сигналом на частоте 28 ГГц и высокоскоростным экспрессом. Для проведения эксперимента в пассажирском электропоезде серии N700S сети Синкансэн был установлен мобильный терминал. Вдоль железнодорожного полотна Токайдо-синкансэн расположили три базовые станции. Оборудование получило продвинутые технологии для формирования и отслеживания луча. Они позволили осуществить передачу видео в разрешении 8К. С внешних камер на поезде обратно транслировали изображение в 4К. Как подтвердил проведенный эксперимент, связь 5G

гарантирует поддержку передачи данных на скорости выше 1 Гбит/с. В компании NTT docomo подчеркнули, что состав двигался на скорости 283 километров в час, однако это не сказалось на стабильности соединения. [12]

Будущее становится все ближе. Скоро участвовать в киберспортивных турнирах или виртуально присутствовать в кабине пилота гоночного болида можно будет, используя обычный смартфон. По крайней мере, испытания стандарта 5G компанией «МегаФон» показывают, что это реально.

В «МегаФон» провели испытание, как на данный момент в России работает 5G, о супер-способностях которого все так много говорят. Тестовая передача данных и пакетных соединений, загрузка файлов, голосовые и видеозвонки прошли с использованием базовой станции Nokia AirScale и смартфонов Sony с чипсетом Qualcomm Snapdragon. В ходе эксперимента скорость соединения достигла 2,46 Гбит/с. [13]

МТС и Samsung протестировали работу сети 5G.

«М.Видео-Эльдорадо», российская розничная сеть электроники и бытовой техники, Samsung и МТС, российский телекоммуникационный оператор и провайдер цифровых услуг, организовали работу первой в России 5G indoor-сети и провели демонстрацию работы сети на предпродажном образце смартфона Samsung Galaxy S10 5G.

Партнеры запустили одну из первых в России indoor-сетей 5G в диапазоне 28 ГГц и продемонстрировали работу тестового участка покрытия на распространенных пользовательских сценариях: загрузка мобильного приложения на смартфон Samsung с поддержкой 5G и открытие сайта с автоматическим запуском «тяжелого» видеоконтента. При тестах была достигнута скорость передачи данных более 2 Гбит/с. [14]

Едва ли кто-то сомневается в том, что уже в первой половине 2020 года будет официально представлен и запущен в продажу флагманский смартфон Samsung Galaxy S11, оснащенный по последнему слову техники. Новинка сможет работать в сетях 5G, получит передовое техническое оснащение и самое современное на момент своего выхода программное обеспечение. Впрочем, всего этого мало для того, чтобы сделать данный аппарат как можно более привлекательным, и именно поэтому в него решили добавить уникальную возможность, от которой все, скорее всего, будут в шоке, потому что ни один смартфон на рынке сейчас не может предложить ничего подобного, в том числе Apple iPhone 11 Pro Max.

Как сообщил инсайдер Ишан Агарвал, в своем новом мобильном устройстве южнокорейская корпорация решила применить технологию под названием MST (Magnetic Secure Transmission), которая позволит всем его владельцам производить оплату покупок и проезда в общественном транспорте в старых терминалах, которые не имеют полноценного NFC. Платежная система Samsung Pay обладает поддержкой такой технологии, что выгодно выделяет ее на фоне Android Pay и Apple Pay, что такой нет. За счет этого все владельцы новенького Samsung Galaxy S11 смогут оплачивать покупки даже там, где используются старые терминалы для приема банковских карт, выпущенные много лет назад.

За счет этого все пользователи новинки смогут едва ли не в каждом магазине, где имеется поддержка банковских карт, оплачивать покупки, а владельцы OnePlus 7T, Apple iPhone 11 Pro Max и иных мобильных устройств ничего подобного делать не смогут, так как совместимости с MST они не имеют. Это станет одной из особенностей нового флагмана южнокорейской корпорации, которая может сделать его более привлекательным для всех тех, кто привык всегда и везде оплачивать покупки при помощи смартфона. За счет такой особенности окажутся почти полностью исключены такие случаи, при которых оплата не может пройти из-за устаревшего терминала, не обладающего полноценным NFC для приема бесконтактных платежей. [15]

В Москве 8-9 октября 2019 г. проводится GSMA Mobile 360 – Евразия. Внедрение 5G и других перспективных технологий для увеличения темпов роста Цифровой экономики.

GSMA Mobile 360 – Евразия объединяет лидеров органов государственного управления и регулирования, представителей международной отрасли мобильных и информационно-коммуникационных технологий, а также других секторов экономики, проходящих процесс цифровой трансформации, чтобы вместе задать направление дальнейшему росту Цифровой экономики. [16]

Список использованных источников:

1. <https://lifehacker.ru/5g/>
2. [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_\(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8))
3. <https://www.forbes.ru/tehnologii/360619-umnaya-svyaz-kogda-zarabotayut-seti-5g-i-chto-meshaet-ih-razvitiyu>
4. <https://sktelecom.com>
5. <https://laowai.ru/v-pyati-gorodax-kitaya-razvernut-5g-seti/>
6. <https://ok.ru/group57842807996453/topic/67961114897189>
7. <https://www.mirprognozov.ru/prognosis/science/5g-set-perspektivy-razvitiya-i-vozmozhnosti/>
8. <https://events.tass.ru/2018/event/5generation>
9. <https://www.vedomosti.ru/technology/news/2019/06/05/803467-rossii>
10. https://www.google.com/search?q=%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5+5g+%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F&rlz=1C1AOHY_ruRU711RU711&oq=%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5+5g+%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F&aqs=chrome..69i57.61934j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8
11. <https://www.vedomosti.ru/technology/news/2019/06/06/803554-rostelekom-tele-2-ericsson-protestiruyut-5g-moskve>
12. <https://actualnews.org/exclusive/311411-jeffektivnost-5g-dokazali-pri-pomoschi-vysokoskorostnogo-poezda.html>
13. https://www.forbes.ru/forbeslife/383457-ispytanie-5g-megafon-ustanovil-rekord-skorosti-v-rossii?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2Fnews
14. https://www.cnews.ru/news/line/2019-10-03_mts_i_samsung_protestirovali
15. <https://akket.com/android/186586-samsung-galaxy-s11-poluchil-unikalnuyu-vozmozhnost-ot-kotoroj-vse-v-shoke.html>
16. https://www.mobile360series.com/eurasia-ru/?utm_source=Yandex&utm_medium=pc&utm_campaign=YAN&utm_term=5G&yclid=5900582432144916414