

УДК 621.391

**Куприяновский В.П.<sup>1</sup>, Синягов С.А.<sup>1</sup>, Намиот Д.Е.<sup>2</sup>, Шнепс-Шнеппе М.А.<sup>3</sup>,  
Ишмуратов А.Р.<sup>4</sup>, Добрынин А.П.<sup>1</sup>, Колесников А.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Вентспилсская высшая школа, г. Вентспилс, Латвия

<sup>4</sup> ПАО «МегаФон», г. Москва, Россия

## ГИГАБИТНОЕ ОБЩЕСТВО И ИННОВАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

### Аннотация

*Данная статья посвящена совместному развитию технологий Интернета Вещей и телекоммуникаций. По многим признакам, именно телекоммуникации будут играть решающую роль в цифровой экономике. Основные технологические обсуждения последнего конгресса мобильной связи происходили вокруг двух связанных тем - Интернета Вещей (IoT) и технологии 5G. Объединенная тема 5G и IoT очень важна с точки зрения возможностей планирования развития в России цифровой экономики. Технология 5G предлагает гораздо больше, чем просто более быструю загрузку информации, потоки и объемы которой постоянно растут. В отличие от других мобильных технологий, 5G будет представлять собой сквозную систему, обеспечивающую надежную и стабильную связь между различными технологиями, обеспечивать более низкую задержку в передаче данных, меньшее энергопотребление и поддерживать высокую плотность устройств IoT.*

### Ключевые слова

*Интернет Вещей; цифровая экономика; 5G.*

**Kupriyanovsky V.P.<sup>1</sup>, Sinyagov S.A.<sup>1</sup>, Namiot D.E.<sup>2</sup>, Sneps-Sneppе M.A.<sup>3</sup>, Ishmuratov A.R.<sup>4</sup>,  
Dobrynin A.P.<sup>1</sup>, Kolesnikov A.N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> National Compensation Center for Digital Economy, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ventspils University College, Ventspils, Latvia

<sup>4</sup> PJSC «MegaFon», Moscow, Russia

## ON GIGABIT SOCIETY AND INNOVATIONS IN THE DIGITAL ECONOMY

### Abstract

*This article is devoted to the joint development of Internet of Things technologies and Telecommunications. On many grounds, it is telecommunications that will play a decisive role in the digital economy. The main technological discussions of the last mobile communication congress took place around two related topics - the Internet of Things (IoT) and 5G technology. The combined theme of 5G and IoT is very important from the point of view of the possibilities for planning the development of the digital economy in Russia. 5G technologies offer much more than just a faster download of information, the flows and volumes of which are constantly growing. Unlike other mobile technologies, the 5G will be an end-to-end system that provides reliable and stable communication between different technologies, as it provides a lower delay in data transfer, lower power consumption and maintains a high density of IoT devices.*

### Keywords

*Internet of Things; Digital Economy; 5G.*

### Введение

В рамках мирового мобильного конгресса в Барселоне, прошедшего с 23.02 по 02.03.2017 (GSMA Mobile World Congress), основные

технологические обсуждения происходили вокруг двух связанных тем — интернета вещей (IoT) и 5G. К началу этого конгресса было опубликовано значительное количество книг и статей,

посвященных именно этим темам. В Российской прессе конгресс в Барселоне обсуждался по большей части с точки зрения новых мобильных устройств и гаджетов. Между тем, объединенная тема 5G и IoT по существу осталась без должного внимания, хотя она представляется очень важной для развития в России цифровой экономики [3], и поэтому мы решили восполнить этот пробел. Из всех публикаций наиболее полной и близкой к обсуждаемым вопросам нам представляется публикация Алексея Шалагинова [1], однако и в ней далеко не все было освещено, а главное, на многие существенные вопросы не было предложено ответов. В первую очередь на те, которые позволили бы понять, какие особенности развития рынка цифровой экономики зависят от трансформации глобальной информационной инфраструктуры, какие проблемы и какие узкие места в связи с этим могут осложнять движение к цифровому миру, и что может быть предложено для обсуждения в России и странах входящих в ЕАЭС в интересах развития соответствующей информационной инфраструктуры.

Формально говоря, 5G или мобильная сеть 5-го поколения подразумевает следующий важный этап мобильных телекоммуникационных стандартов и технологий, выходящих за рамки нынешних стандартов 4G. Исторически, каждое новое поколение беспроводных сетей появлялось каждые 10 лет, начиная с «1G» в начале 1980-х годов, «2G» в 1990-х годах, «3G» в 2000-х годах и «4G» в 2010-м. Развертывание мобильной сети пятого поколения планируется начать в 2020 году в ведущих странах, которые сегодня в лидерах по доли цифровой экономики в ВВП и которые рассматривают это развертывание как получение конкретных преимуществ. Потребность в 5G обусловлена растущими объемами потребительских данных, требованиями IoT-приложений к минимальной задержке передачи данных для критически важных инфраструктурных решений, а также приложений для виртуальной/расширенной реальности и многих других.

Собственно главный организатор конгрессов в Барселоне GSMA [2] определяет следующие требования для сетей 5G:

- Соединения 1-10 Гбит/с для конечных точек в полевых условиях;
- 1 миллисекундная сквозная задержка при двустороннем обращении (задержка);
- Ширина полосы пропускания 1 ГГц;
- 10-100 млрд. количество подключенных устройств;
- (Восприятие) 99,999% доступности;
- (Восприятие) 100% охвата;
- Сокращение потребления энергии в сети на 90%;
- Срок службы батареи до 10 лет для малой

мощности, устройств машинного типа.

Все эти параметры, при их безусловной важности, призваны обеспечить собственно невероятно большое количество приложений на мобильных устройствах и разрешить определённые дисбалансы в развитии мобильной связи. Этому был посвящен дискуссионный отчет GSMA, опубликованный в мае 2016 года, в обсуждении которого мы приняли посильное участие [4], а мировые итоги этого обсуждения явно были использованы организаторами конгресса 2017 года в Барселоне.

Сутью обсуждений было то, что многие клиенты услуг мобильных операторов переключили свое потребление данных и сервисов со всех видов персональных компьютеров на мобильные устройства (особенно это касается самых молодых групп населения), а в некоторых домах нет активной фиксированной линии вообще; облачные сервисы освободили компании от фиксированных мест, и во многих странах, в том числе и в России, большинство деловых звонков теперь происходит из мобильных сетей - официальные структуры, бизнес, розничные торговцы, социальные сети, рекламодатели и поисковые системы приспосабливаются ко всему этому.

Такое изменение в поведении потребителей уже ставит задачу для мобильных сетей удовлетворить спрос, либо, как мы писали в [4], этот спрос будут готовы удовлетворить другие компании. Поскольку растущее потребление видео на мобильных устройствах тоже не демонстрирует никаких признаков замедления, с тенденцией того, что переход видео со стандартного на высокую или сверхвысокую четкость, операторы мобильной связи должны обеспечить удовлетворение этого спроса и поддержку качества обслуживания для своих подписчиков.

Все это, как большая часть платных услуг мобильных операторов, потребует комбинации новых узлов базовой станции (и другой мобильной инфраструктуры), дополнительного и более интенсивно разделяемого спектра (в том числе, одновременного объединения нескольких диапазонов спектра), интеграции новых технологий доступа и совершенствования базовой технологии.

Недавно внедренная текущая технология 4G предусматривает дальнейшие обновления (и они непрерывно происходят!), но уже в течение нескольких лет мобильный сектор интенсивно работает над стандартизацией 5G. И это должно быть не только в качестве эволюционного обновления, предлагающего более высокие скорости, но и дополнительно обеспечивающего надежную связь между различными технологиями с меньшей задержкой (задержка в передаче данных по сети), более низком потреблении

энергии и способностью поддерживать очень высокие плотности терминалов, которые, как ожидается, будут порождаться Интернетом вещей (IoT).

Важно понимать, что жизненные циклы мобильных технологий очень длинные — обычно 30 или более лет. Это не случайно, так как до 7 лет занимает только процесс исследований и разработок (НИОКР) для того, чтобы определить соответствующие стандарты. Развертывание до максимума — это еще около 10 лет, а от пика и до конца жизни надо добавить еще один интервал в 10 с лишним лет.

Многие, наверное, считают, что 4G LTE (Long Term Evolution) был с нами всегда. Но фактически 4G в производстве и развертывании только с конца 2009 года (первый iPhone был выпущен только в середине 2007 года). Интересно, что согласно отчету о мобильности Ericsson [5] за июнь 2016 года об использовании 4G, на долю LTE приходится лишь один миллиард из 7,3 миллиарда мобильной подписки по всему миру в конце 2015 года, тогда как в широкополосном коде разделения множественного доступа/высокоскоростного пакетного доступа (WCDMA/HSPA) и глобальной системе мобильной связи/расширенной скорости передачи данных для GSM Evolution (только GSM/EDGE) - то есть, 3G и 2G — состояли почти все остальные 6,3 млрд. мобильных подписок. В 4G LTE даже не ожидается пик до конца 2021 года, когда по-прежнему он будет составлять лишь примерно половину от 9 млрд. всемирной мобильной подписки.

В связи с этим возникает вопрос, — почему так торопятся лидеры цифровой экономики перейти на 5G в отсутствие фактической возвратности вложенных инвестиций?

#### Приложения в цифровой экономике и 5G

На одну из причин указал автор работы [1]. Это появление большого количества стартапов, производящих приложения вне зависимости от желаний мобильных операторов. Действительно, число таких приложений может достичь фантастической цифры в несколько десятков миллионов в ближайшие годы. Но эти приложения порождаются не только желаниями быстро стартующих компаний, но и реальными экономическими потребностями в их появлении.

На наш взгляд, чтобы понять причины этого, необходимо учитывать то, что происходит по большей части вне поля деятельности традиционных мобильных операторов связи, а именно в инфраструктурных проектах, осуществляемых в ведущих странах. Мобильная связь разного типа оказалась востребованной в масштабных проектах цифровой трансформации промышленности [7,8,9,10], транспорта [10], городов, нефтегазового и горнорудных секторов,

сельского хозяйства и, практически, всех видов человеческой деятельности. Причины этого разнообразны. Так, для железнодорожного транспорта, находящегося на подъеме во всех странах мира, это системы управления движением, базирующиеся на переходе с аналоговых систем сигнализации на цифровые [11]. В логистике - это переход на тотальную маркировку в цепях снабжения всех компонент производства и готовых товаров на штрих-коды [6, 10] и т.п. Все это происходит в очень многих местах, которые не всегда можно отнести к зонам, коммерчески выгодным для предыдущих поколений мобильной связи.

Например, цифровая железная дорога, как в части высокоскоростных железных дорог, так и в части высокопропускных до сих пор применяет, в основном, технологию связи GSM-R или 2G. При всей надежности этого решения, оно в своем развертывании и эксплуатации имеет существенные изъяны для малонаселенных участков трасс или, например, горной местности или туннелей. Самое главное, что начавшийся период массовых цифровых трансформаций как технологий, построенных на основе IoT, так и на основе иных технологий, приходит к массовым реализациям где-то в начале следующего десятилетия. Так как многие из этих проектов находятся в той или иной степени в зоне интересов государств или межгосударственных объединений (например, Европейского сообщества), то это означает, что и развитие 5G оказывается, как в фокусе их внимания, так и внимания разных видов бизнеса. Такая потенциально реализуемая синергия, высокий рост спроса, а также достигнутые в ряде стран граничные возможности 4G и определяют, на наш взгляд, видимый парадокс ускорения перехода на 5G. Изменение способов потребления информации новыми поколениями людей — это тоже фактор, который будет только усиливаться со временем вполне естественным образом.

Но есть препятствия для преодоления на этом пути, прежде чем начнется массовая и, очевидно, далеко не всеобщая реализация. Экономическое обоснование для ускоренного развертывания 5G является неопределенным — особенно в странах с развитой цифровой экономикой, учитывая:

- низкую готовность потребителей платить за модернизацию технологий;
- политический, медийный и нормативный акцент на скоростной нисходящей линии связи, предлагаемый в каждой ценовой точке, с небольшим учетом «качества» подключения, покрытия или обслуживания клиентов;
- исторической ценой спектра;
- затянувшимся и дорогостоящим процессом утверждения и развертывания

планирования мобильных сетей.

Цель настоящей статьи — осветить потенциал 5G, в частности, сервисы и приложения, которые не могут эффективно обслуживаться (если они обслуживаются вообще) одной или несколькими современными технологиями доступа, а также обсудить некоторые из препятствий на пути раннего и широкого развертывания.

Поскольку потребители и компании все чаще используют мобильные устройства, а эти устройства генерируют все больше данных, операторы мобильной инфраструктуры уже находятся в гонке, чтобы опережать спрос. 4G связь уже эффективно обеспечила повышение пропускной способности примерно в 2.5 раза и продолжает развиваться. 5G станет продолжением такого развития, никак не связанным с ликвидацией накопленных телекоммуникационных активов. В какой-то мере этот переход также явится цифровой трансформацией отрасли, уже казавшейся полностью цифровой.

5G будет достигнуто как за счет эволюции 4G, так и за счет революции в новых технологиях радиосвязи, управления сетью и данными, включения новых информационных технологий, космической связи и т.п. Некоторые из технологий, которые, как ожидается, будут иметь центральное значение для 5G, такие как гораздо более быстрая связь в результате объединения нескольких диапазонов спектра и технологий с множественными антеннами, уже используются сетями 4G или скоро будут доступны для коммерческого использования. Поэтому можно говорить о разных инновациях, от которых зависит успех 5G. Некоторые из них могут относиться к энергетике, а другие к новым материалам и другим отраслям, вплоть до биологии или нанотехнологии (биомаркеры или интернет нановещей) и будут, в свою очередь, увеличивать нагрузки на еще не развернутый 5G.

Однако 5G предлагает гораздо больше, чем просто более быструю загрузку информации, потоки которой драматически растут. В отличие от других мобильных технологий, 5G будет представлять собой сквозную систему, обеспечивающую надежную и стабильную связь между различными технологиями с более низкой задержкой в передаче данных, меньшим энергопотреблением и поддержкой очень высокой плотности устройств, например, интернета вещей.

Эти 5G-специфические возможности обеспечат поддержку ключевых решений, как, например, автономные транспортные средства, которые, как ожидается, будут внедрены к 2021 году (таким же образом, как и 5G), что представляет собой экстремальный вариант использования, требующий минимальной задержки, гарантированной доступности и высокой

надежности. Это относится также к IoT и охватывает как массовые развертывания датчиков, которые, в основном, устойчивы к задержкам и имеют низкие требования к данным, так и «критический IoT», который требует контроля и мониторинга с малой задержкой передачи сигнала и гарантированной доставкой сообщений.

Таким образом, 5G имеет потенциал быть поистине преобразующим через цифровую трансформацию по сути всей отрасли телекоммуникаций. Предполагается, что его развертывание все еще будет ограниченным в 2021 году (при том, что 4G будет трансформировать большинство данных сотовой связи в мире), но применения 5G по объективным причинам будет увеличиваться в течение следующего десятилетия.

Это обусловлено тем, что [5] лавинообразный рост объемов данных, в частности генерируемых устройствами IoT, индуцирует экспоненциальный рост различных видов трафика мобильной передачи данных. Некоторые приложения IoT, уже возможные сегодня, требуют скорости до 100 раз больше, чем доступно на текущий момент. Например, сервисы критической коммуникации машинного типа (machine-type communication MTC), такие как медицинские датчики и аварийные сервисы, потребуют чрезвычайно надежной, высокопроизводительной беспроводной сети связи с минимальной задержкой. Другие типы IoT устройств, такие как датчики климат-контроля в интеллектуальном доме или носимый трекер для физических упражнений, отправляют огромное количество «малых данных», которые имеют менее критическую надежность, пропускную способность и требования к задержке.

Малые данные — это данные, которые генерируются датчиками IoT и устройств, состоят из небольшого объема наборов данных – ограниченного числа специфических атрибутов, таких, как температура, скорость ветра или пульс. Таким образом, 5G должна поддерживать различные требования к скорости для различных видов трафика. Целью 5G является предоставление всеобъемлющей мобильной широкополосной связи - от 10 мегабит в секунду (Мбит/с) до 10 гигабит в секунду (Гбит/с) - не только в городских районах, но и в сельских районах и труднодоступных районах.

Однако значение 5G гораздо шире и представляет собой фактическую цифровую метатрансформацию, которая, возможно, и самой цифровой экономике даст индекс 2.0.

### **Экосистема технологий 5G**

Термин «5G» используется сегодня для широкой идентификации следующего этапа

развития технологий, лежащих в основе мобильной связи общего пользования. В отличие от предыдущих трех поколений технологии общедоступных мобильных сетей, 5G нацелена на предоставление потребителям более чем «высокоскоростной мобильной широкополосной связи» - 5G обеспечивает ожидание большей взаимосвязи между более широким спектром существующих телекоммуникационных сетей и услуг.

Если бы в 5G были только позиции о более быстрой загрузке, то есть она была бы чисто эволюционной, то, возможно, это не оправдывало бы нынешний уровень интереса со стороны межправительственных объединений, правительств, бизнесов, науки и промышленности, равно как и ресурсов, выделяемых на исследования и испытания.

Революционный характер технологий 5G, как ожидается, будет нести подход к управлению сетью, основанный на разделении функций между самой инфраструктурой и программным обеспечением, которое ее поддерживает, - что позволит быстрее и дешевле предоставлять услуги по требованию, обеспечивая бесшовность их интеграции. При этом гарантируется совместимость с сегодняшними все более и более расширяющимися сетями IP 4G и рентабельность уже вложенных инвестиций. Старые определения «фиксированных» и «мобильных» могут стать устаревшими, как и определения «земные» и «спутниковые».

Автор публикации [1] полагает что: «5G будет иметь глобальную операционную систему (GOS), способную управлять конвертированной

инфраструктурой мобильной и фиксированной сети». Другие источники полагают, что это будет SoS или система-систем. Окончательное же решение определит время.

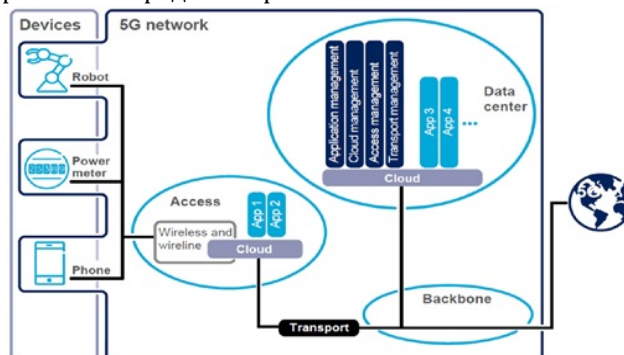


Рис. 1. Текущая многоуровневая ИТС архитектура 5G ([12])



Рис. 2. Спектр возможных применений 5G ([12])



Рис. 3. Возможности применений технологий экосистемы 5G в зависимости от приложений ([12])

### Enhanced Mobile Broadband

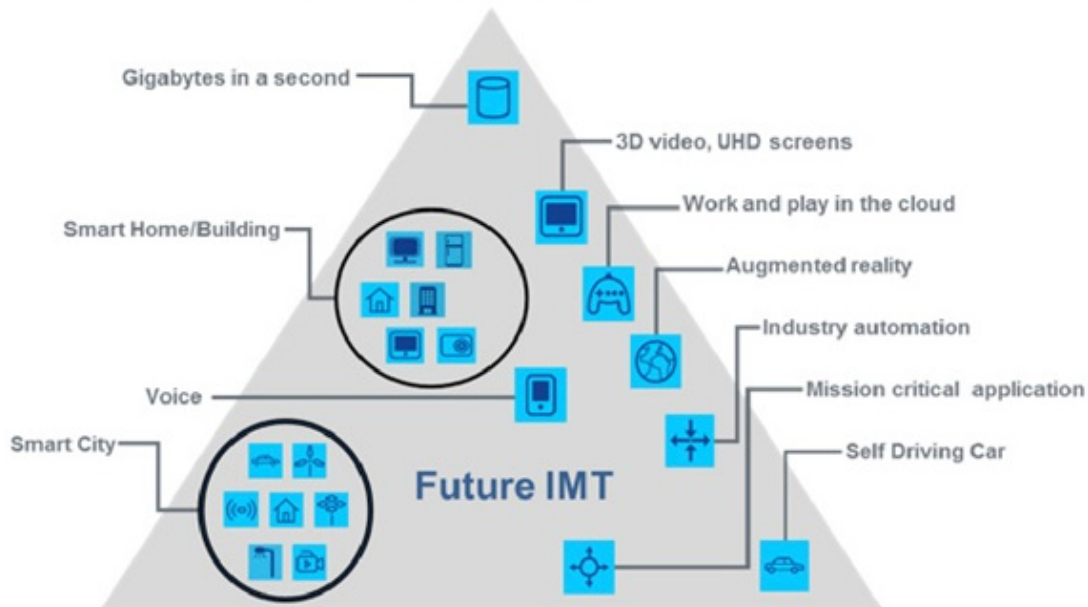


Рис. 4. Возможности применений технологий экосистемы 5G в зависимости от новых технологий ([12])

"5G will be a key enabler of the future digital world, the next generation of ubiquitous ultra-high broadband infrastructure that will support the transformation of processes in all economic sectors and the growing consumer market demand."

"5G needs to support in an efficient way three different type of traffic profiles, namely high throughput for e.g. video services, lower energy for eg. long-lived sensors and low latency for mission critical services."

"5G will also cover new services requiring a real time reactivity such as Vehicle-to-Vehicle or Vehicle-to-Road services paving the way towards the self-driving car, factory automation or remote health services."

"5G will integrate telecom, compute and storage resources into one programmable and unified infrastructure which will allow for an optimized usage of all distributed resources."



"5G will cover services which were handled by specific networks for reliability reasons such as public safety."

"5G will ensure experience continuity in challenging situations. HD video or teleworking will be commonplace and available anywhere, regardless of if the user is in a dense area like a stadium or a city centre, or in a village or in a high speed train or an airplane."

"5G infrastructure will cover the network needs and contribute to the digitalization for vertical markets such as automotive, banking, education, city management, energy, utilities, finance, food and agriculture, media, government, healthcare, insurance, manufacturing, real estate, transportation and retail."

"5G will be a key enabler for the internet of Things by providing the platform to connect a massive number of objects to the Internet."

### 5G aims to become the all-encompassing vision for the connected future

Рис. 5. Возможности построения будущего гигабитного общества с помощью применений технологий экосистемы 5G и других новых технологий ([12])

Для иллюстрации сказанного в этой части мы приводим рисунки 1- 6. Они взяты из публикации [12] от марта 2017 года. Это итог многолетних исследований различных возможностей применения 5G в цифровой экономике Великобритании. Так, именно в этой стране, цифровая часть ВВП в 2016 году вплотную

приблизилась к 20% от общего объема ВВП, и именно эта страна делает все, чтобы стать первой в мире в практическом развертывании 5G у себя в стране. Мы полагаем, что это наиболее полная и правильная картина того, что предстоит миру в части 5G.



Рис. 6. Спутниковые технологии как интегральная часть 5G ([12])

### Интернет вещей и построение сетей в нижних сегментах 5G

С учетом высказанного рассмотрим, как устроены системы IoT и как информация от них (малые данные) собирается в той экосистеме, которой предстоит стать 5G. «Физическая» часть устройств и компонентов IoT включает много разных «вещей» - например: двигатель, кондиционер, навигационную систему в умном автомобиле, дымовые пожарные сигнализации, термостат и холодильник в утонченном умном доме; часы, фитнес трекаеры и инсулиновые насосы в переносной технике, электронные блоки управления в умном автомобиле; камеры с активированным движением в системе домашней безопасности; и носимые датчики гипогликемии, которые автоматически получают тревожные сигналы от диабетических пациентов, когда уровень сахара в крови становится опасно низким.

Что делает устройства и компоненты IoT «умными» - это различные датчики и микропроцессоры с соответствующим программным обеспечением, реализующим необходимые функциональные возможности устройств.

Чтобы быть действительно умными, устройства или системы IoT должны иметь возможность собирать и анализировать данные, а также автоматически осуществлять интеллектуальные действия на основе результатов анализа, используя экосистему связи, причем без обязательного участия человека. Многие системы IoT являются компонентами некоторой другой, более сложной, системы IoT, т.е. «следующей

большей вещи». Создание разнообразных систем IoT и развитие соответствующего рынка набирает обороты.

Что делает IoT основой для построения умных и развивающихся интеллектуальных систем — это прежде всего уже существующие возможности уникальных адресов и различных видов радиосвязи.

Пространство логических сетевых адресов, с помощью которых идентифицируются узлы и интерфейсы сетевых сущностей сети Интернет, определяется спецификацией протокола межсетевое взаимодействие (Internet-protocol — IP) стека TCP/IP. Начиная с 1983 года работа сети Интернет строилась на основе использования протокола IP четвертой версии или IPv4 (RFC 791, 1981 г.), которая используется и по сей день. Однако адреса IPv4 состоят всего из 32 битов и, таким образом, адресное пространство данного протокола ограничено 4,3 млрд. уникальных адресов, что явно недостаточно для развертывания IoT.

Каждое устройство/узел, обменивающееся данными через Интернет требует уникальный адрес. IPv4 был принят целевой группой по инженерному обеспечению Интернета (IETF) в то время, когда казалось, что 4,3 миллиарда уникальных адресов было бы много. Для решения проблемы исчерпания адресного пространства разработана новая версия протокола IP — IPv6. В отличие от адреса IPv4, размер адреса IPv6 составляет 128 бит, что позволяет адресовать примерно  $(3,4 \times 10)^{38}$  интерфейсов устройств.

Но переход на новую адресацию требует не

только принятия правил построения адресов, но и модернизации сетевого оборудования и программного обеспечения, производимые отраслью связи в зависимости от рыночных потребностей. Переход на адресацию IPv6, безусловно, будет настоятелен в эпоху 5G.

Второй существенной частью сегодняшнего опыта IoT являются системы радиосвязи на относительно небольшие расстояния, одна часть которых, собственно, встроена в физическую часть систем IoT. Именно радиосвязь необходима для того, чтобы дойти до нужных вычислительных ресурсов либо организовать их посредством объединения ресурсов в физической части IoT и местных сетях.

Кратко остановимся на обзоре сегодняшнего состояния этой локальной связи. Для более полного рассмотрения данного вопроса можно рекомендовать работу [15].

В первую очередь следует упомянуть о стандарте IETF под названием 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks или IPv6 через беспроводные персональные сети с низким энергопотреблением), регламентирующем передачу трафика IPv6 по маломощным беспроводным ячеистым сетям. Протокол 6LoWPAN как раз и предназначен для решений, требующих беспроводные подключения к Интернету на относительно низких скоростях передачи данных от таких устройств, как, например, интеллектуальные лампочки и интеллектуальные счетчики.

Актуальность стандарта 6LoWPAN состоит в том, что наиболее популярные беспроводные сети Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11x), обеспечивающие пропускную способность в несколько сотен мегабит в секунду, не подходят для реализации информационного обмена с устройствами IoT именно из-за слишком высокой скорости передачи данных, что является энергозатратным процессом и приводит к сокращению жизни батарей электрического питания этих устройств. Многие устройства IoT, например, в интеллектуальном доме, обладают низкой мощностью, поэтому используют маленькие батареи, при этом рассчитанные на годы жизни. Эти устройства передают кадры с «малыми данными» и не требуют высоких скоростей передачи. Для сравнения: работающие от аккумуляторов устройства Wi-Fi, как правило, необходимо заряжать каждый день потому, что они требуют энергоемкой надежной («ориентированной на соединение») передачи данных с высокой скоростью. Таким образом, другие технологии, такие, как Bluetooth и ZigBee, дополняют Wi-Fi, как, впрочем, и новые устройства по протоколу 6LoWPAN, в приложениях IoT.

Ключевым элементом концепции 5G является обеспечение доступности, устойчивости и

надежности связи. Использование 5G должно создавать у конечного пользователя восприятие бесконечной ресурсной емкости сетевой инфраструктуры. Для того, чтобы достичь этого, услуги и контент 5G должны будут работать в нескольких гетерогенных сетях, включая мобильные и стационарные, Wi-Fi/WiGig (последнее есть уже развитие Wi-Fi для гигабитного общества). Фактически, всем известный Wi-Fi, повсеместно устанавливаемый в России, будет, по прогнозам, собирать на своих узлах до 50% трафика 5G, и вовсе не обязательно будет передавать его всегда через мобильные сети.

Сегодня, когда большая часть мобильного трафика возникает или принимается в помещении, Wi-Fi служит надежной технологией доступа к сервисам мобильной передачи данных. В 2015 году объем трафика Wi-Fi с мобильных устройств превышал мобильный трафик 4G, а к 2018 году Wi-Fi-трафик будет превышать весь 2G, 3G и 4G сотовый трафик в совокупности [12]. Ожидается также, что 5G приведет к изменениям в инфраструктуре мобильных сетей, поскольку сотни тысяч маленьких ячеек мобильной связи могут быть развернуты только в Лондоне [12], более или менее одновременно, в дополнение к уже имеющимся мачтам большего размера. Это может иметь последствия для доступа к «уличной инфраструктуре» местных органов власти и улучшению доступа к частным зданиям. Потребительские выгоды могут быть результатом упомянутого выше еще одного условия реализации 5G - кооперации его развития со строительством умных городов, для создания которых уже сегодня разработаны комплекты стандартов. В этой части стоит отметить необычайно высокий мировой уровень работы по стандартизации умных городов в Китае, достигнутый всего через 3 года после заключения контракта на локализацию группы инновационных стандартов с BSI (Британским институтом стандартизации) в 2014 году.

Сегодня именно для городов интенсивно обсуждается стратегический сдвиг для поощрения инвестиций в широкомасштабное развертывание новых сверхбыстрых широкополосных сетей. Он будет связан с трансформацией старой и ограниченной по мощности медной оптоволоконной магистрали к сети с максимальным приближением волокна к конечным потребителям и с высокочастотными радиочастотными хвостами высокой емкости, обеспечивающими мобильность. Таким образом, по мере того, как потребители требуют увеличения объемов мобильной передачи данных, волокна будут проникать в сети все глубже, но «последний прыжок» все больше становится беспроводным.

Мы приводим рисунки, которые нам показались



наиболее выпукло отражающими грядущий бум объемов соединений и проблем в нижней части 5G и IoT, на примере автомобилей с учетом их количества, мобильности и наличия в них уже сотен сенсоров (далее будет IoT). Прогнозируется, что число таких машин в 2018 году достигнет 180 миллионов! К 2025 году таких автомобилей будет 600 миллионов (рисунок 7), и они уже сегодня имеют сетевые подключения (рисунок 8), в том числе с использованием глобальных спутниковых коммуникаций, а завтра будут работать подсоединенными к 5G.

### Рост запросов в транспорте широкополосная связь в 5G

Мир автономных автомобилей начинает трансформироваться в мобильное сетевое сообщество, в котором автомобили не просто будут разговаривать друг с другом, обмениваясь информацией о том, что происходит в реальном времени, но и использовать друг друга в качестве шлюзов. Они будут разговаривать со своими производителями, городскими или региональными системами управления трафиком, и другими «вещами IoT» на пути следования – светофорами, дорожными знаками и т.п.

Системы связи транспортного средства со стационарными объектами (V2I) обеспечат связь автомобиля с устройствами управления трафиком, пунктами сбора дорожной пошлины, датчиками рампы автострады и т.п. Завершают формирование сетевого автомобильного мира коммуникационные технологии типа автомобиль –автомобиль (V2V), которые в настоящее время разрабатываются на базе стандарта IEEE 802.11p.

## ONE DEVICE, GLOBAL REACH

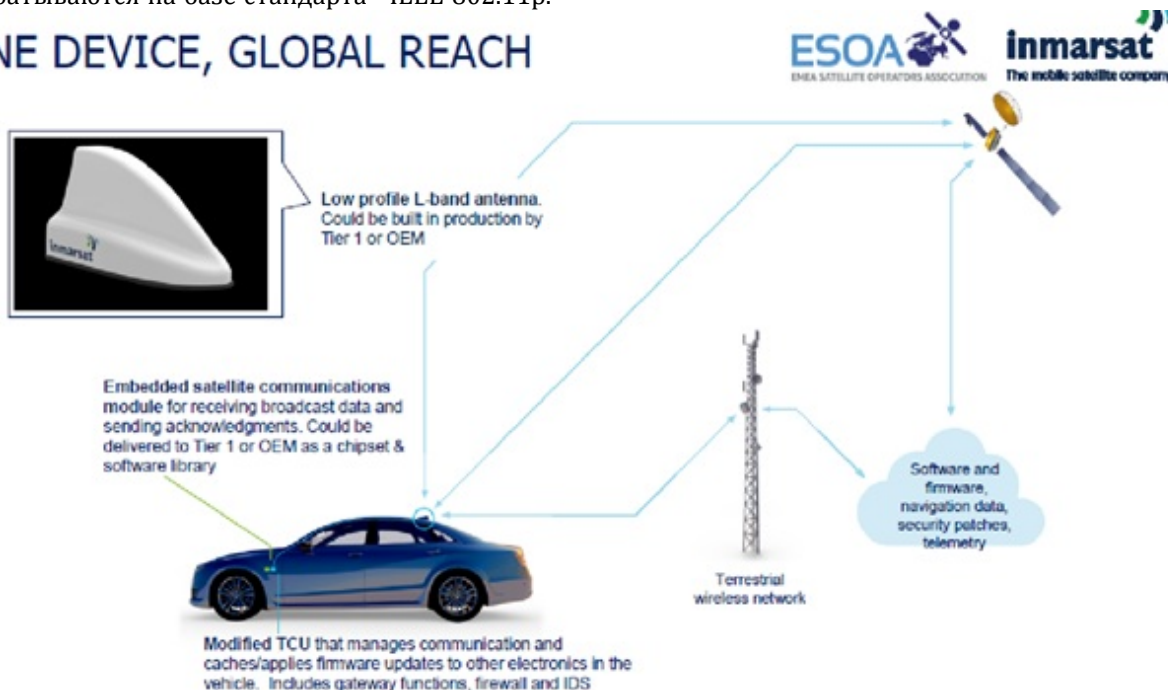


Рис. 8. Одно устройство — глобальная доступность (источник — ESOA, Inmarsat)

Современные системы связи в этой области обеспечивают автомобилю, на котором установлено оборудование V2V со встроенной антенной, надежную связь с другими автомобилями в радиусе 800 м. А со стационарными объектами (V2I) — до 1000 м.

Аналогичные решения создаются для железнодорожного транспорта [33], где уже применяется понятие «интернет поездов». На рисунке 9 показано как образуется «интернет судов и кораблей».

BY 2025



Рис. 7. Сколько будет соединенных автомобилей в 2018 и 2025 годах (источник — ESOA, Inmarsat)

Создание сетевых транспортных систем на базе 5G непременно будет способствовать повышению безопасности транспортных средств.

Кроме того, пассажиры получат удобства и дополнительные услуги, в том числе видеосвязь, потоковое вещание, синхронизацию с событиями, происходящими у них дома. Способность 5G обслуживать клиентов на более высокой скорости, чем 4G, обеспечит более удобную связь для пассажиров на высокоскоростных поездах.

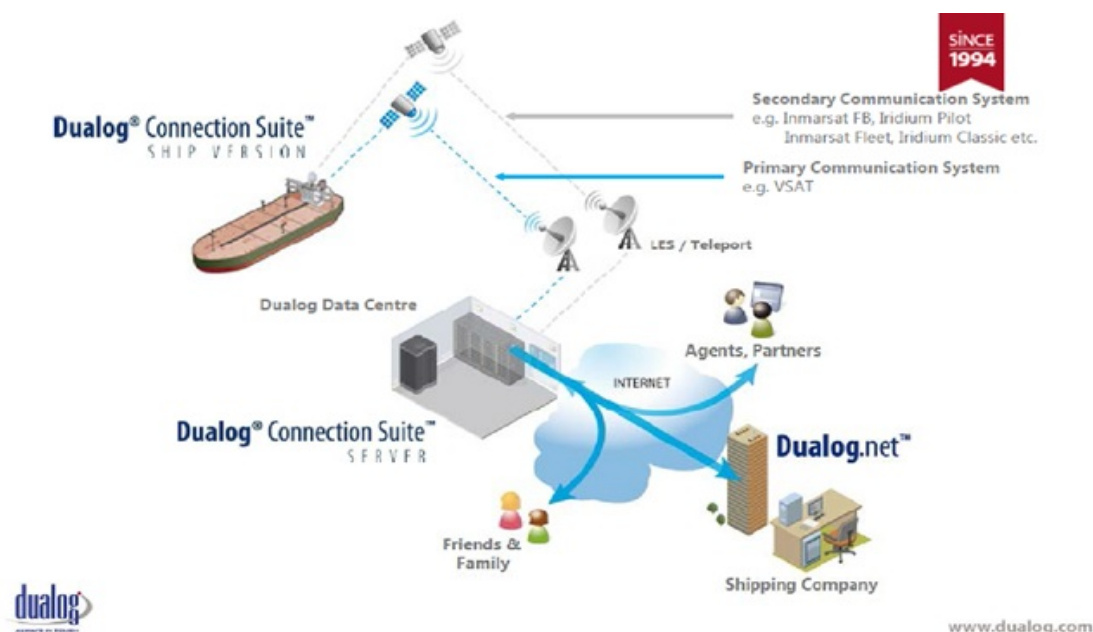


Рис. 9. Интернет кораблей и Цифровой корабль (источник компания <http://dualog.com/>)

### IoT, датчики и промышленный контроль и 5G

Текущие инвестиции в датчики и интеллектуальные города (например, управление уличным освещением, управление автостоянкой, управление движением, мониторинг загрязнения дождевой воды, зондирование почвы, интеллектуальный учет) приведут к объединению больших «полей» датчиков и использованию экосистемы 5G, включая спутниковые и микроволновые каналы обратной связи.

Технология узкополосной связи Unlicensed Ultra Narrow Band (UNB) будет отвечать требованиям к подключению этих датчиков до определенной степени, так как большинство из этих устройств, как ожидается, будут отправлять или получать небольшие объемы данных одновременно, что не будет слишком чувствительным ко времени. Но когда у нас будут миллионы датчиков в большом здании, лучше всего собрать данные с них, используя более высокую полосу пропускания.

Слияние информации с датчиков — это процесс, посредством которого данные от нескольких различных датчиков «сливаются», чтобы вычислить что-то большее, чем может определить какой-либо один датчик. Облачные сервисы также должны быть оптимизированы для этого типа спроса.

Промышленному интернету и будущим заводам потребуется беспроводное подключение с низкой задержкой, которое не требует SIM-карты в каждом терминале или датчике. Промышленные системы управления будут контролировать и регулировать работу критической инфраструктуры, такой как электрические сети и транспортные системы. Автономные и свободно движущиеся роботы, которые работают рядом с людьми, станут обычным явлением. Приложения

виртуальной реальности (virtual reality — VR), обеспечивающие удаленный виртуальный доступ к заводским цехам, требуют гибких средств связи с довольно высокими скоростями передачи данных и низкой задержкой. Ни LTE, ни WiFi не оптимизированы для поддержки плотного развертывания терминальных устройств с высоким уровнем безопасности, как это требуется во многих промышленных средах.

### Цифровое здоровье и социальная поддержка

Новые технологии, объединенные в понятие «Цифровое здоровье» позволят перераспределить расходы на здравоохранение и сместить центр тяжести с лечения на профилактику. Места приема и ухода будут переходить от больничной и специализированной модели к более распределенной, ориентированной на пациента модели в кабинетах общей практики, домах престарелых и собственном жилье пациентов, при этом пациент и его социальная сеть все чаще заменяют медицинских работников, когда и где это удобно для пациента и приносит пользу.

Это фундаментальное изменение в подходе будет иметь важное значение, учитывая то, что в развитых странах увеличение расходов на здравоохранение обусловлено, главным образом, растущими расходами на лечение предотвратимых хронических заболеваний (таких как ожирение, диабет, сердечные заболевания, инсульт, рак и болезнь Паркинсона) [34].

В США около половины всех взрослых имеют один или несколько хронических диагнозов, а семь из десяти наиболее распространенных причин смерти возникают в результате предотвратимых хронических заболеваний. Будущее здравоохранения нацелено на то, как мы решаем вопросы с хроническими заболеваниями и

избегаем рискованного поведения. Важную роль здесь играют сетевые технологии как для потребителей (они не всегда в этой парадигме пациенты), так и клиницистов.

Эти технологии будут охватывать множество мобильных устройств (включая носимые и, в частности, умные наручные часы), чья основная функция не является медицинской, плюс домашние диагностические устройства, которые остаются дома, но отправляют данные в облако для доступа клиницистов (или, более того, вероятно, где искусственный интеллект (AI) помещает данные для исследования. Распространение мобильных устройств со вторичными медицинскими средствами и средствами мониторинга здоровья непростая для реализации задача.

Но выгоды от цифровой трансформации в области здравоохранения могут быть огромными: медицинские работники сосредоточиваются на потребностях конкретного человека, а не на общих подходах. Также предоставление потребителям диагностических данных, позволит им рано выбирать здоровый образ жизни. Одежда также становится сенсором для точного заблаговременного предупреждения об изменениях состояния здоровья, например, об эпилептических приступах.

Поскольку страны пытаются сохранить финансирование текущих систем здравоохранения, это может быть выбором, который мы в России не можем не рассматривать и не осуществлять.

Конечно, не всем приложениям цифрового здравоохранения потребуется 5G. Умные повязки, контролирующие условия в ране пациента, могут использовать беспроводную связь малой дальности для передачи данных на пост медсестер. Внутренняя диагностика (например, уровней сахара в крови) во многих случаях может быть связана со службами здравоохранения и ухода с помощью (с учетом соображений безопасности) отечественных Wi-Fi. Но широкий диапазон применений, уже разрабатываемых, несомненно, будет генерировать некоторые новые инновационные применения, ориентированные на применение 5G такие, как, например, смарт-машины скорой помощи, отправляющие данные в больницы и отделения, реализуя на практике правило «золотого часа». Сегодня в России много домов не имеют активной и широкополосной фиксированной связи и в этом случае их жителям для предоставления услуг цифрового здравоохранения крайне необходимым станет именно 5G.

**Рост запросов заказчиков к видео контенту и широкополосной связи и 5G**

Пользователи все чаще ожидают жить и работать более мобильным образом, проводя свой бизнес и жизнь в социальных сетях на мобильных устройствах. Известно, что большую часть необходимой информации человек получает через зрение и не удивительно, что растут именно те сегменты, которые с этим связаны. Прогнозируется, что использование мобильных данных претерпевает чрезвычайный рост и главное, что увеличит рост потребления широкополосной связи. Для удобства читателя мы свели все ссылки по этому вопросу в один пул [25-32]. Ожидается, что к 2020 году глобальный мобильный IP-трафик достигнет 30,6 экзабайт в месяц по сравнению с 3,7 экзабайтами в 2015 году. Это значительный совокупный ежегодный прирост в 53%.

Международный союз электросвязи (МСЭ) обобщил сценарии использования 5G следующего поколения таким образом - самым значительным источником данных, требуемых от мобильных сетей, является видео, которое представляет собой более половины глобального мобильного трафика данных с начала 2012 года и, согласно прогнозам, будет расти со среднегодовым темпом роста в 62% между 2015 и 2020 годами. Ожидается, что к 2020 году видео составит 75% трафика мобильной передачи данных.

Это изменение в привычках потребления, по исследованию Ericsson, показало, что с 2012 года средний потребитель во всем мире увеличил свой просмотр на мобильных устройствах до 4 часов в неделю, в то время как их просмотр с фиксированным экраном сократился на 2,5 часа в неделю. Это может, в конечном счете, поставить под угрозу коммерческую жизнеспособность сетей эфирного и кабельного телевизионного вещания. В краткосрочной перспективе это особенно сложная тенденция для операторов IP-сети, поскольку видео требует на порядок больше битов для передачи, чем передача голоса. Погрузившись в видеоролик с высокой частотой кадров, пользователи только сильно увеличивают нагрузки на сети, но это неизбежное развитие событий, переходящих в 3D вещание.

Одним из последствий роста количества видео в фиксированных и мобильных контекстах является ускорение трафика в часы пик в связи со средним ростом трафика, поскольку использование видео имеет тенденцию происходить в вечерние часы и имеет «прайм-тайм».

Чтобы удовлетворить растущий спрос на мобильные видео, экосистема 5G будет интегрировать различные типы сетей, чтобы обеспечить рентабельное распределение видео служб. Например, предоставление услуги по доставке видеосигнала от провайдера контента на устройство пользователя (OTT) и других

широковещательных услуг, вероятно, будет происходить через сети, которые интегрируют спутниковое вещание контента на локальные/внутренние серверы и распределение WiFi/WiGig конечному пользователю/устройству.

Помимо удовлетворения растущего спроса на данные, 5G также будет способствовать этому росту. По мере увеличения скорости подключения к мобильной сети средняя скорость передачи контента, доступ к которой осуществляется через мобильную сеть, будет увеличиваться. Хотя в 4G-соединениях в 2015 году было только 14% мобильных подключений, на них уже приходится 47% трафика мобильной передачи данных, а на 3G-соединения приходится 34% мобильных подключений и 43% трафика. В 2015 году 4G-соединения создали в среднем в шесть раз больше трафика, чем не-4G-соединения. Смысл ясен: более высокие скорости способствуют внедрению и использованию приложений с высокой пропускной способностью.

Видеоизображение высокой четкости (HD) будет более распространенным, и ожидается, что доля потокового контента, по сравнению с загружаемым, контентом будет возрастать при средней скорости подключения к мобильной сети. Поэтому трафик может резко увеличиться, даже если общий объем времени просмотров видео остается относительно постоянным. Однако из-за небольшого размера экранов мобильных устройств рост потребительского спроса на просмотр видео в формате HD на этих устройствах, будь то по 5G или по другим технологиям, остается неопределенным, но вероятным при появлении новых решений по их отображению, удобному для конечного пользователя.

Когда автономные автомобили (об этом немного ниже) вступят в эру мобильности как услуга (MaaS), что произойдет по оценкам, начиная с 2021 года, сочетание автономного вождения и автомобильных развлечений расширит офис и гостиную, а автомобиль станет вторым местом, которое люди будут использовать для развлечений и отдыха (потенциально, с большим количеством мест и более комфортабельными сиденьями, чем у современных автомобилей). Будет больше времени и пространства для потребления медиа (и да, рекламы), передаваемых через 5G. Эксперты ожидают, что экраны могут быть большими, и часть этого контента может быть в HD или Ultra High Definition (UHD).

### **5G и спутниковая связь**

5G будет новой разновидностью сети, поддерживающей огромное разнообразие устройств с беспрецедентными масштабами, скоростью и сложностью. Поэтому создатели архитектуры должны думать о потоковой виртуальной реальности (VR), автономных

автомобилях, которые могут обнаруживать препятствия и реагировать на условия в режиме реального времени, и о насыщенных связью городах, где все, от дома до фонаря, разговаривают друг с другом. Это еще один стратегический сдвиг, состоящий в широкомасштабном развертывании новых сверхбыстрых широкополосных сетей.

Таким образом, создание 5G будет достигнуто посредством эволюции от современных технологий, а также инновациями в новых радиотехнологиях и методах сетевого управления. 5G будет основываться на фиксированных и мобильных сетях и бесшовной связи со всеми IP-сетями, включая те, которые текущая технология 4G включает в себя, а также интеграцию с другими технологиями. Таким образом, 5G будет экосистемой, которая обеспечивает более низкую задержку обмена данными, высокую надежность, легкую приспособляемость к обслуживанию различных сценариев использования, от IoT до высокоскоростной фиксированной и подвижной широкополосной связи.

5G будет больше, чем просто сотовая связь, он будет беспроводным сочетанием новых технологий, работающих рука об руку с существующими сегодня технологиями. Он будет охватывать спутниковую связь, которая, хотя и поставлена перед необходимостью обеспечить достаточно низкие задержки для некоторых ожидаемых вариантов использования, в настоящее время имеется для сотовых сетей.

Спутниковая связь нового поколения расширит охват наземных сетей 5G для предоставления повсеместных услуг. Таким образом, спутник будет невидимым и устойчивым оверлеем для наземных сетей (сегодня далеко не ясно, будет ли наземная 5G развернута во многих существующих 4G-покрытиях "на пятнах", в том числе и на крупных дорогах) в рамках будущего гигабитного общества.

К 2020 году и далее к 2025 будет работать более 100 группировок спутников High Throughput Satellite (HTS) на орбите с использованием утверждаемого в международных соглашениях для них частей спектра, предоставляя доступ к терабайтам информации для абонентов 5G.

Высокопроизводительный спутник (High Throughput Satellite – HTS) – это спутник, производительность которого во много раз превышает производительность традиционных спутников, при одинаковом объеме выделенных спутнику частот. Это достигается за счет направленного радиовещания, образующего на земле круг или «пятно» разных размеров (рисунок 10). Наибольший рост сегодня достигается в Каддиапазоне (диапазон частот сантиметровых и миллиметровых длин волн от 26,5 до 40 ГГц).

Мировая емкость HTS удвоилась за последние два года, а с 2016 года, наконец, появилась доля России (рисунок 11).



KA-SAT EMEA coverage

Рис. 10. Пример покрытия «пятнами» HTS Европы  
(источник — компания Gilat)

На рисунке 12 мы хотим показать читателю, как такие важные элементы хозяйственной деятельности, как морские суда или морские платформы для добычи полезных ископаемых и, в том числе, нефти и газа уже имеют задел для трансформации в экосистему 5G+IoT, в том числе, и с помощью HTS. Одновременно с этим огромный принципиальный прогресс был достигнут в части низкоорбитальных нано- и кубоспутников (CubeSats). Из-за сравнительно малого расстояния до поверхности земли удалось найти решения для сбора и доставки информации по дистанционному зондированию земли в цифровом виде, что позволяет не только решить одну из кардинальных проблем цифровой экономики - построения ГИС систем реального времени, но и создать задел для размещения на этих спутниках другого оборудования, например, средств мобильной связи.

Мы постарались уделить много внимания именно спутниковому сегменту, так как он состоит не только из бурно развивающейся части HTS.

В рой или спутниковую группировку 5G входят

еще кубо- и наноспутники (nanosats).

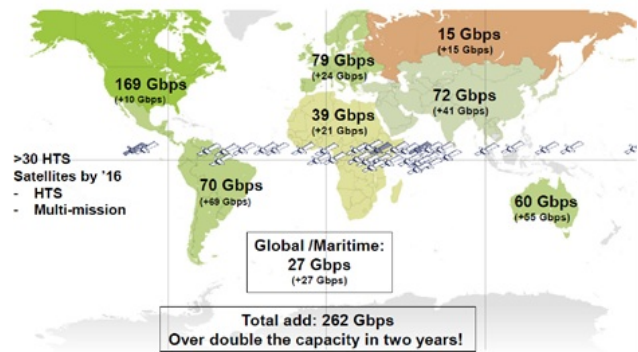


Рис. 11. Емкость развёрнутых спутниковых группировок HTS в 2016 году (источник — компания Gilat)

Их задачей является сбор данных, которые будут глобальной основой крайне важной части 5G – Геоинформационной системы (ГИС) реального времени. Приведём вначале данные из крупнейшей в мире базы данных наноспутников [www.nanosats.eu](http://www.nanosats.eu). В ней содержатся сведения о более чем 1600 nanosats и CubeSats, их группировках, компаниях, лучших технологиях, инструментах, миссиям и многом другом.

Факты на 8 января 2017 года:

- Всего было запущено наноспутников: 580;
- Всего запустили CubeSats: 510;
- Наноспутники на орбите: 293;
- Операционные наноспутники: 213;
- Наноспутники уничтожены при запуске: 70.

Приведем данные из [38], в виде наглядных таблиц и графиков, заметив, что качество цифровых фотографий и видео с бортов этих малюток (есть уже размером 5 на 5 сантиметров) вполне хорошие и поступают с нужной скважностью для ГИС реального времени.

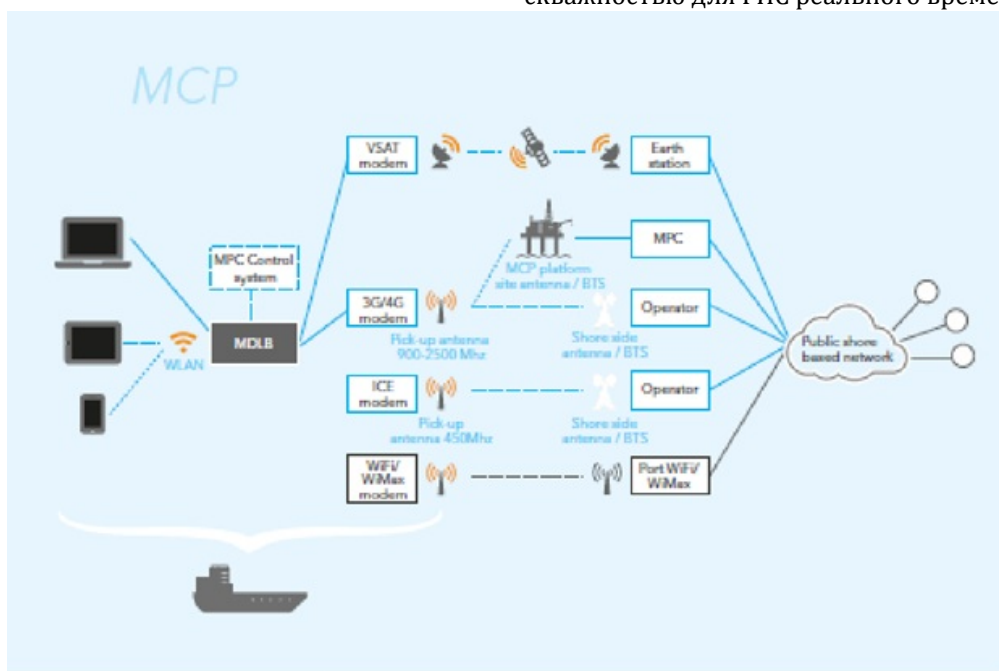


Рис. 12. Соединяемость судов и кораблей или интернет кораблей (источник - [35])

Состояние в мире и в США, а также применение спутников отражено на рисунках 13,14,15,16. Мы для наглядности постарались найти наиболее наглядные иллюстрации по этому вопросу и показать, как данные для ГИС реального времени собираются (рисунки 15 и 16), как обрабатываются (Рисунок 17), и какой в итоге они оказывают вклад (Рисунок 18). Почему это так важно? Во-первых, без понимания того, что, где и когда невозможно функционирование приложений в 5G. Во-вторых, только данные, связанные с ГИС, как правило, составляют более 40% из всего объема, нужного для функционирования умных систем. В третьих, эти системы строятся как глобальные, и, значит, нам в России надо это понимать и строить свои

планы.

Ведущая ГИС-компания мира — ESRI для того, чтобы быть успешной в создании ГИС реального времени тотально изменила свою позицию. Компания объявила о тотальном следовании открытым стандартам OGS, открыв API-интерфейсы для всех заинтересованных разработчиков приложений, и срочно начала переиздавать базовые книги в своем издательстве. Приводим для примера две из них [22,23], уже изданные в 2017 году. Впрочем, по этому пути вынуждены идти сегодня практически все сторонники закрытых программных решений и даже IBM и MS.

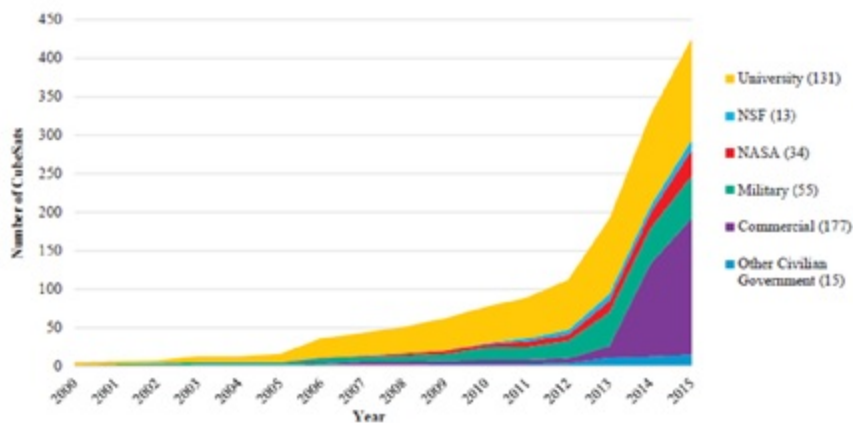


Рис. 13. Рост числа запусков кубоспутников по годам ([38])

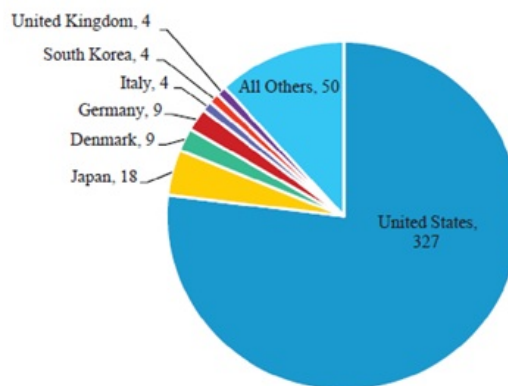


Рис. 14. Распределение существующих кубоспутников по странам ([38])

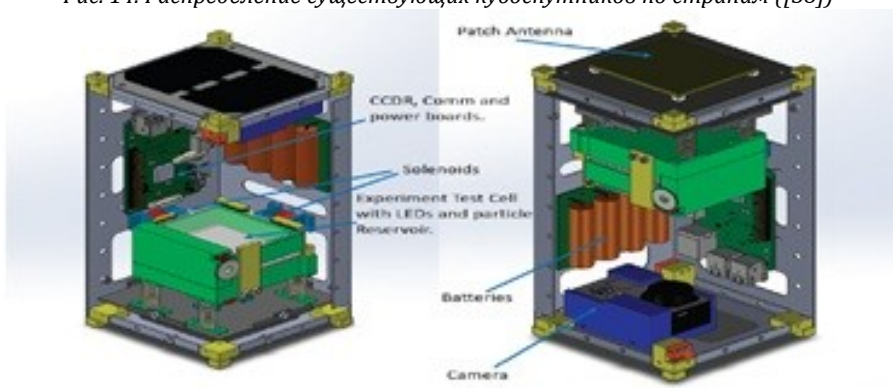


Рис. 15. Внешний вид и принципиальное устройство кубоспутника ([38])

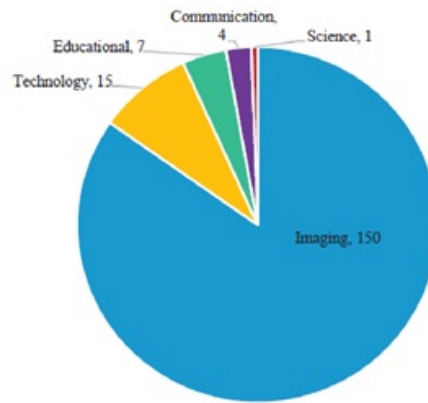


Рис. 16. Функциональное применение кубоспутников ([38])

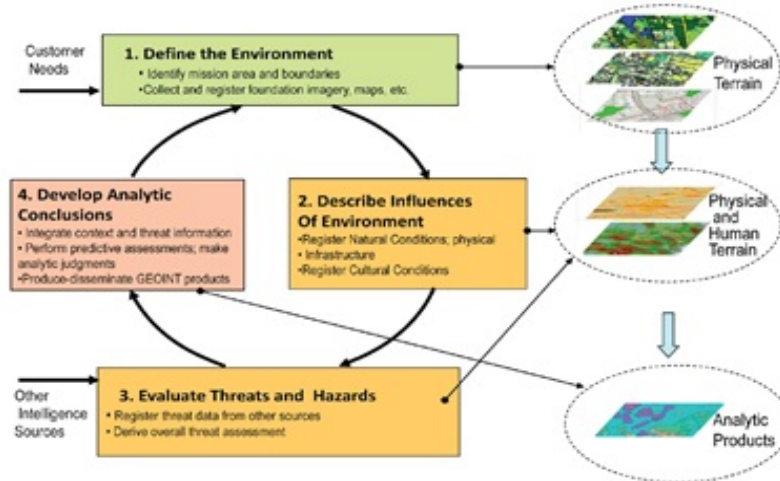


Рис. 17. Аналитическая работа с данными ГИС реального времени ([39])



Рис. 18. Применение обработанных (в том числе, с помощью аналитики) данных ГИС реального времени и круг возможных применений в 5G (источник — компания ESRI)

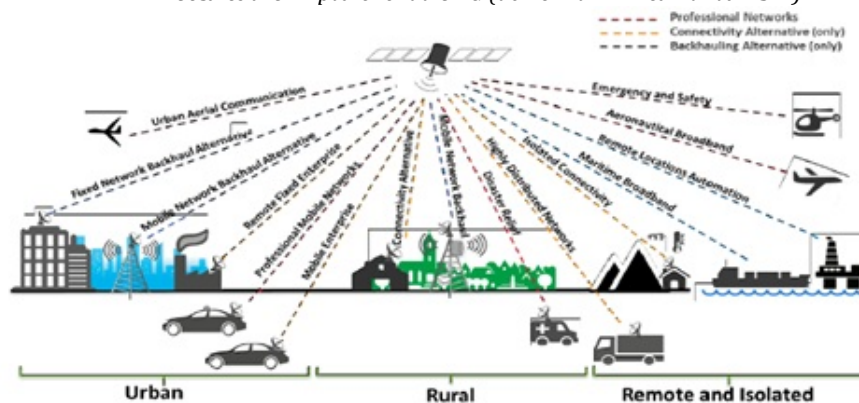


Рис. 19. Технологическое включение спутниковых возможностей в реализацию различных проектов 5G ([36])



Рис. 20. Круг возможных применений спутниковых технологий в 5G

Завершая эту часть статьи, отсылаем читателя к рисункам 19 и 20, на которых показано множество применений сказанного выше и надеемся, что после всех иллюстраций это не покажется читателю фантастикой. На самом деле, это результат как практического развития уже существующих систем, так и быстрого развития и внедрения инноваций, как в космической индустрии, так и в ITS.

### 5G и Сверхбыстрые широкополосные сети

Необходимо отметить, что 5G — это не только соединение с более высокой скоростью. 5G также предназначен для реализации двух конкретных случаев использования, которые возникают на практике: во-первых, для приложений, требующих гораздо меньшей задержки (то есть, более быстрое время ответа), чем может предложить 4G, и, во-вторых, IOT, где миллионы датчиков и других устройств часто отправляют и получают небольшие пакеты данных (часто, с перерывами) в облако и обратно.

Поставщикам таких услуг известно, что текущие мобильные сети не оптимизированы для этого, особенно когда длительное время автономной работы имеет важное значение для подключенного устройства (например, интеллектуальные стоянки или датчики уровня воды).

Как мы уже упоминали выше, еще одним ключевым элементом концепции 5G является обеспечение доступности, устойчивости и надежности. Это устанавливает одно из основных требований инфраструктуры 5G – быть более требовательной/ориентированной на пользователей с гибкостью ресурсов для обеспечения «всегда достаточной» скорости передачи данных и минимальной латентности (зависит от модели использования), чтобы создать у конечного пользователем восприятие бесконечной емкости среды с повсеместным

охватом. Для того, чтобы достичь этого, услуги и контент 5G должны будут работать в нескольких гетерогенных сетях, включая мобильные и стационарные, Wi-Fi/WiGig и спутников высокой пропускной способности.

5G, как и 4G, сможет развертывать агрегацию несущих, где одновременно используются несколько диапазонов спектра, чтобы обеспечить более высокую пропускную способность. Предполагается, что 5G также будет использовать каналы со смежными каналами больше, чем 4G. Это было бы результатом использования всего имеющегося в настоящее время спектра ниже 6 ГГц; дополнительного спектра ниже 6 ГГц (часто называемого спектром "сантиметровой волны"), и использование высокочастотного спектра, который должен быть идентифицирован выше 24 ГГц (так называемая «миллиметровая волна»).

Значительно более высокочастотный спектр позволит предлагать гораздо более высокие скорости доступа, но только на гораздо более коротких расстояниях — возможно, только около 100-200 м, хотя использование MIMO и Beamforming может увеличить этот диапазон.

Более короткие длины волн и характеристики распространения этого более высокочастотного спектра потребуют развертывания сотен тысяч малых точек доступа, каждый из которых потребует волокна для обратного перехода в дополнение к ячейкам «макро», используемым сегодня.

Обеспечение связности во многих зданиях со сторонних базовых станций будет сложным (где современные строительные материалы могут препятствовать сигналам извне), так как будет устранен риск «городских каньонов» без подключения. Картографирование, вероятно, станет критическим для развертывания 5G в диапазонах миллиметровых волн, которые будут поддерживать приложения с высокой пропускной способностью.



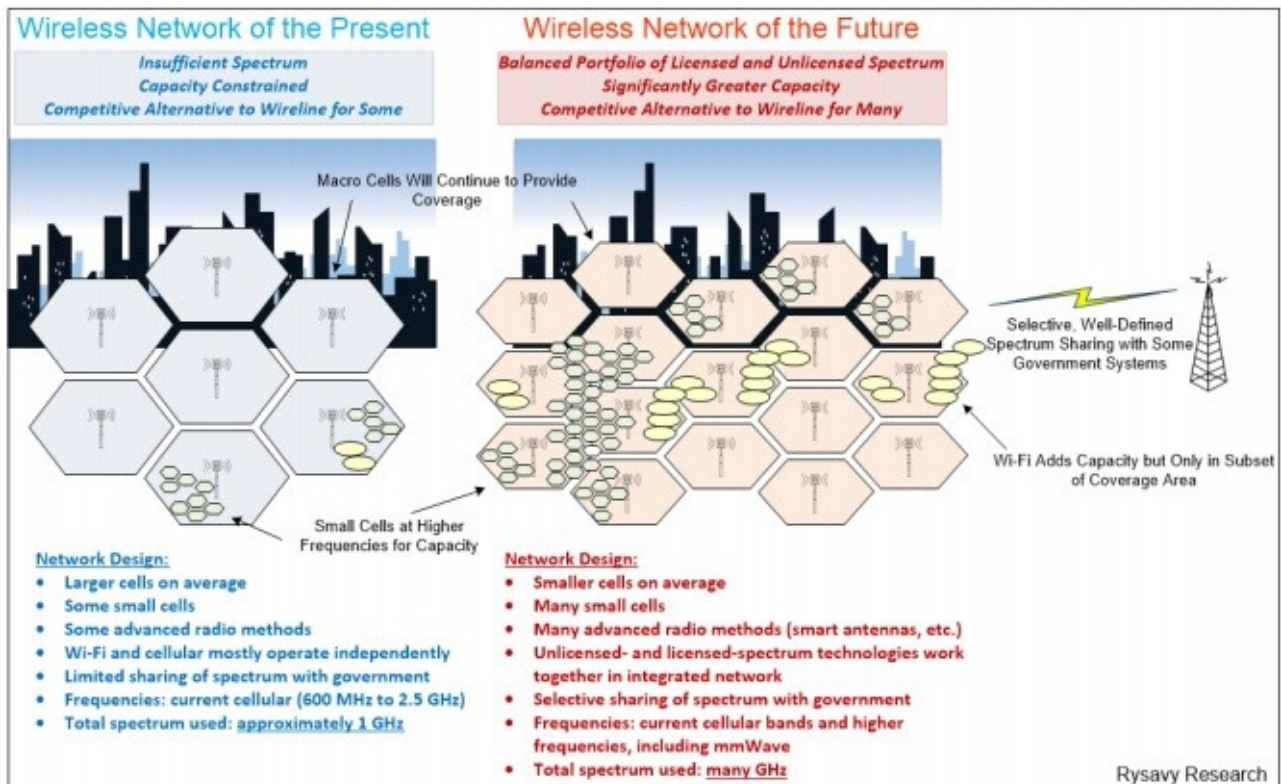


Рис. 21. Эволюция мобильных сетей связи в более мелкочаистую структуру (источник [21])

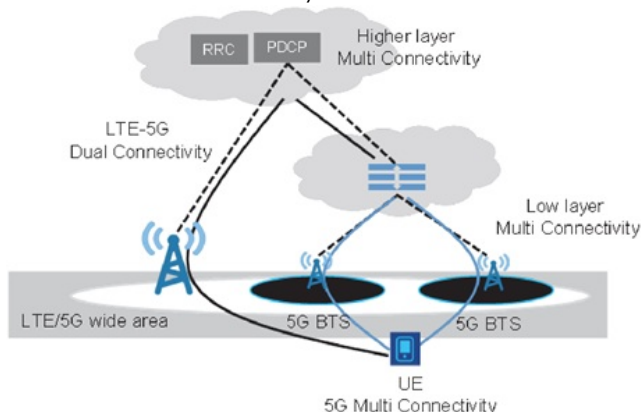


Рис. 22. Множественная связь для доступа в условиях плотной застройки (источник [20])

Чтобы зрительно показать читателю будущую эволюцию структуры сети 5G мы приводим рисунок 21.

На рисунке 22 показано, что в условиях плотной застройки (города) так же трудно себе представить простые решения без дублирования через спутниковые каналы.

Количество таких сот в 5G, например, для города Лондона предполагается более 100 тысяч и, собственно, создание 5G никак без умных городов невозможно — именно там, собственно, и находятся основные потребители этих услуг [34]. Заметим, что подобное рассуждение может прямо быть отнесено и к Москве, которая уже сегодня создает около 20 % ВВП России.

Спутники сегодня хороши в предоставлении экономически эффективных широкополосных

услуг для потребителей, где было бы слишком дорого разворачивать наземную инфраструктуру. Именно поэтому широкополосный бизнес по-прежнему нацелен на предоставление качественных, экономичных широкополосных услуг для мало затратных регионов разных стран. Например, сегодня потребитель, расположенный в континентальной части Соединенных Штатов и на юге Аляски, может подписаться на услуги HughesNet и получать широкополосную связь со скоростью 25 мегабит в секунду до потребителя и на 3 мегабит в секунду от устройства потребителя (25/3 Мбит/с) всего за 49,99 долл. США в месяц. Таким образом, спутниковые компании связи в США уже играют важную дополняющую роль на рынке широкополосных услуг, предоставляя доступ к высококачественным и экономичным широкополосным услугам для миллионов американцев, которые в противном случае могли бы ограничить доступ к сети или вообще не имели бы такового. Доступность, например, HughesNet и конкурирующих услуг широкополосной спутниковой связи означает, что студент в сельском Теннесси может получить доступ к той же информации, что и студент в городском Нашвилле, в режиме реального времени.

Поэтому, спутниковые службы являются важной частью рынков коммуникационных услуг следующего поколения, включая 5G, IoT, в том числе связь между компьютерами, где доступ к надежным соединениям имеет решающее значение. Например, сегодня значительная часть АЗС в США использует спутниковые службы

HughesNet в качестве средства для подключения своих терминалов кредитных карт к газовым насосам в их штаб-квартиру для обработки. Кроме того, компания Hughes через свой VSAT-сервис осуществляет удаленный мониторинг и контроль для клиентов трубопроводов, что обеспечивает защиту окружающей среды, а также возможность контролировать состояние трубопровода. Наличие надежных, экономически эффективных средств для переноса этих данных имеет решающее значение для бесперебойной работы энергетической инфраструктуры и для нашей страны.

### Гигабитная экономика и гигабитное общество

Следует сказать, что на этапе перехода на экосистему 5G появились новые термины, отражающие значение происходящей цифровой гипер-трансформации — Гигабитное общество (Gigabit Society) и Гигабитная экономика (Gigabit Economy). Они подразумевают миллионы подключений между людьми, устройствами и вещами и полное изменение как стиля жизни, так и работы. Эти системы систем потребуют взаимосвязи и стабильности на беспрецедентных уровнях такого порядка, что одни только наземные сети, вероятно, не смогут его предоставить. Это совсем предварительные соображения по рисунку 23, о смысле которого мы

будем говорить позже.

Термин гигабитное общество уже широко обсуждается на уровне европейского сообщества [14] и [14] — это большое исследование, опубликованное в ноябре 2016 года, а уже в апреле 2017 года появилось [13], сделанное Arthur D. Little по заказу Vodafone. Обе эти компании не отличаются склонностью к теоретическим построениям, а Vodafone просто является самым большим мобильным оператором в мире, имеющим при этом британские корни. Название [13] тоже весьма звучно - «Создание гигабитного общества — роль 5G». Переход от собственно технологических аспектов к социально-экономическим хорошо иллюстрирует рисунок 23.

Известно, что многие экономические показатели на практике можно свести к интегральным. В любом случае, одним из таких показателей является всем известная выработка на одного работающего. Рассматривая и углубляя этот подход, [16] очень жестко определяет, что:

«Цифровой бизнес — это применение технологии для построения новых рабочих моделей, процессов, программного обеспечения и систем путем сближения людей, бизнеса и вещей. Эти достижения создают новые возможности для продуктов и услуг, а также для трансформации бизнес-операций, позволяя компаниям получать больше доходов, конкурентные преимущества и достигать более высокой эффективности.



Рис. 23. Социо-экономические драйверы 5G ([13])

Цифровая трансформация стала лучшей инициативой для бизнеса и ИТ-лидеров. В мире цифрового бизнеса устойчивое рыночное лидерство больше не основывается исключительно на том, какая компания имеет лучшие продукты или даже лучших людей. Вместо этого гибкие организации могут быстро адаптироваться к развивающимся рыночным

тенденциям, они и станут лидерами рынка. Компании, которые не могут отвечать требованиям динамичного делового климата, изменяясь быстрее, чем когда-либо, будут бороться за выживание».

Рассматривая все процессы, исходя из позиции работника в бизнесе и его средств производства, в [16] приходят к следующим выводам:

«Ключом к успеху в эпоху цифровых технологий является обеспечение того, чтобы уровень вовлеченности работников был высок. Занятый работник, вдохновленный и мотивированный служащий, эмоционально инвестированный стимулирует инновации в компании. К сожалению, недавно опрос Gallup и ZK Research показал, что только 13% работающих вовлечены».

И, продолжая логически эту мысль, авторы разбивают работающих в бизнесе (в первую очередь, на предприятиях, которые решили провести цифровую трансформацию) на категории и соответствующие им производственные среды:

«Чтобы создавать занятых работников и обеспечивать их продуктивность как членов совместных групп, компании должны предоставить им наилучшую рабочую среду. Это означает наличие динамических рабочих мест с инструментами, позволяющими сотрудникам выполнять задачи, которые им необходимо выполнить, или когда их необходимо дополнить».

Одна из проблем в создании такого типа среды заключается в том, что существующие рабочие места и инструменты были разработаны с учетом предположения, что все работники сотрудничают

одинаково. Это предположение, возможно, было верно несколько десятилетий назад, но сегодняшняя разнообразная рабочая сила состоит из нескольких поколений — Бэби Бумеры (родившиеся с 1946 по 1964 год), поколение X (1965 года рождения по 1980), Millennials (род. С 1981 по 1995 г.) и Generation Z (родившиеся в 1996-2005 годы)».

Исходя из этого понимания, оказывается, что это совсем разные по стилю участники трудовых процессов и им нужны разные среды работы (рисунок 24)!

Поскольку один из терминов, которые мы обсуждаем — это гигантская экономика, то мы решили привести большую цитату про достижимые экономические эффекты для одной страны США из [16]:

«Global Workplace Analytics сообщает, что 50% рабочих мест в США занимают должности, совместимые с возможностями гибкой телеработы и что 79% работников говорят, что они будут работать из дома, если это будет разрешено. Если бы эти сотрудники работали дома только половину времени, общий экономический эффект будет составлять более 700 млрд. долл. США в год.

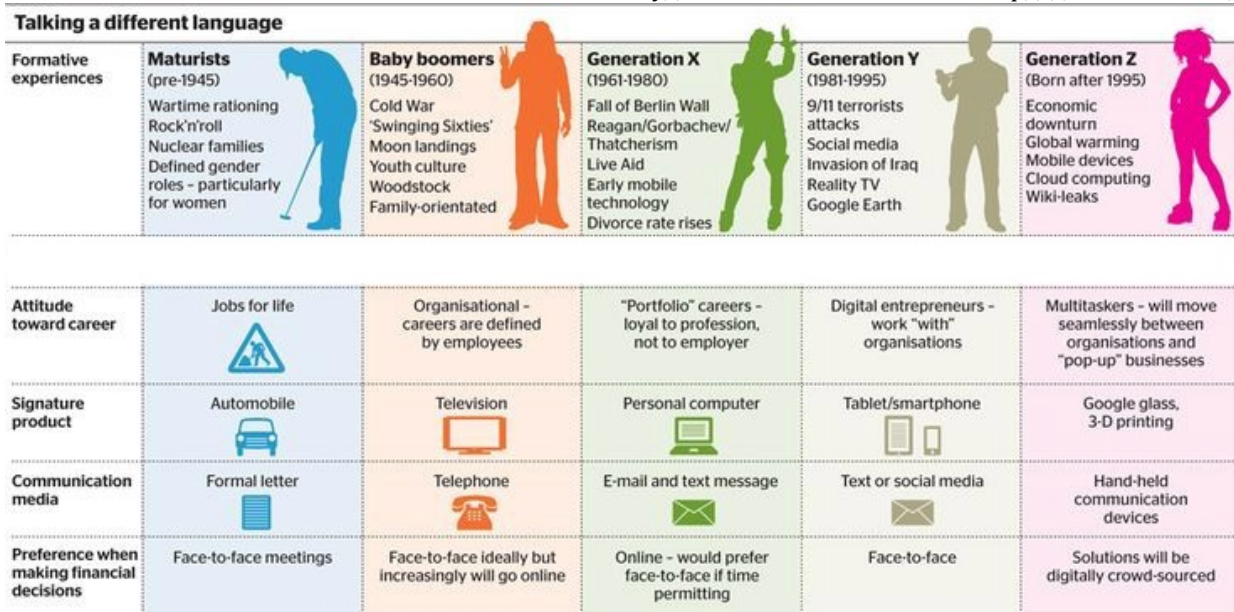


Рис. 24. Нынешние поколения работающих имеют разные стили работы, рабочие механизмы и мотивы ([16])

В частности, это позволило бы:

- Сохранить более 500 миллиардов долларов в год в сфере недвижимости, электроэнергии, текучести кадров и производительности — больше чем 11 000 долларов США на сотрудника в год.
- Увеличить национальную производительность на 5 млн. человеко-годов - около \$ 270 млрд. стоимости работ.
- Экономия на операционных расходах, таких как офисные помещения, мебель, коммунальные услуги, канцелярские принадлежности, услуги по уборке помещений,

охрана, и обслуживание.

Мир сотрудников:

- Возвращает эквивалент двух-трех недель свободного времени в год, потраченных на поездки.
- Сохраняет от 2000 до 7000 долларов США на транспортировке и расходов, связанных с работой, а также расходы на содержание детей в дневных и после-школьных учреждениях.
- Сэкономит более 20 миллиардов долларов на расходах на топливо.

Мир нации получит:

1. Сокращение выбросов парниковых газов

- на 54 млн. тонн — это эквивалент почти 10 миллионов автомобилей убранных с дорог.
2. Сокращение износа дорог и дорог на более чем 119 миллиардов миль в год.
  3. Сохранение почти 90 000 человек от травм, связанных с дорожным движением или смерти и сокращение расходов, связанных с несчастными случаями, стоящих более 10 миллиардов долларов год.
  4. Спасение более 640 миллионов баррелей нефти, что оценивается более чем в 64 миллиарда долларов год.

Упрощение совместной работы команд из любого места стоит делать. Мало того, что предприятия могут получать высокие уровни сбережения, но они также могут принимать более оптимальные решения через более тесное сотрудничество и общение с наилучшей имеющейся информацией.

Предприятия, которые продолжают полагаться на централизованные, физические офисы, в будущем будут просматривать и использовать их другим способом, превращая их в элементы сотрудничества рабочей среды. Рабочее пространство будет общим ресурсом, который используется несколькими работниками с технологиями «plug-and-play» такими как средства коллективной работы и коммуникации, а также виртуализации рабочих мест. Поэтому предприятиям необходимо оборудовать их команды для достижения успеха, предоставляя им мобильность с безопасным доступом ко всем данным и информации, в которых они нуждаются, чтобы принимать более обоснованные решения, сохраняя при этом интеллектуальную собственность и конфиденциальные данные.

Корпоративная структура эволюционировала, и иерархические организационные диаграммы быстро становятся реликтами прошлой эры работы. Современные корпоративные структуры состоят из разнообразных кросс-функциональных команд, которые динамически создаются для работы над конкретными вызовами, задачами и проектами. Таким образом, восхождение по служебной лестнице утратило свою актуальность — сегодняшняя рабочая сила вместо этого участвует в очень совместной игре в корпоративный Twister!»

Как мы уже говорили выше, 5G – это, во многом, эволюционный процесс интеграции очень разных инноваций, и он уже привел к тому, что многие находятся в центре большого социально-экономического сдвига. Глобальная мобильная связь и вездесущие данные неуклонно подвергают реструктуризации не только межличностные отношения, но и экономические и промышленные системы [17]. Мы знакомы с разукрупнением СМИ и издательского дела, отраслей из Triple-Play, кабельных пакетов в сети Интернет + Netflix

+Amazon + AppleTV; компакт-дисков, загрузки MP3 и так далее. Это уже даже происходит в сильно регулируемых секторах, таких как транспорт (разделение поездки), жилье (совместное использование домов), финансы (peer-to-peer кредитование, crowd funding, bitcoin), и здравоохранение (телемедицина, личные датчики, домашняя диагностика), где правила, которые сформировали эти сектора в 20-м веке находятся под сильным давлением и вынуждены адаптироваться. Это великое разделение означает, что продукты и услуги часто гораздо доступнее, в более мелких порциях и от большего количества провайдеров. Что верно с точки зрения потребителя, также верно в перспективах работника: работа в настоящее время более доступна, чем когда-либо, но она теперь приходит в другой форме. Вместо того, чтобы было одно задание от одного работодателя, у нас теперь есть доступ ко многим рабочим местам из многих источников, во многих формах и размерах. Когда это происходит, само понятие "работа" становится разукрупненной на составные части».

Можно, конечно, повторять обывательские суждения, что всех заменят роботы, или рассуждать об инновационной безработице, но в странах с уже существующей огромной частью цифровой экономики происходят совсем другие процессы — изменяется экосистема бизнеса-производства и труда. Приведем еще одну цитату из [17]:

«Все говорят, что привлекают все больше и больше людей на неполный рабочий день, он же "гига-экономика". В соответствии с недавним изучением фрилансеров, в 2015 году почти 54 млн. американцев или примерно 34% населения США приняли участие в некоторых формах внештатной работы, и эта тенденция ускоряется год от года. Онлайн платформы для работы стоят на вершине этих фундаментальных тенденций и предоставляют два основных вида услуг: во-первых, те, что создают рынки, поддерживая спрос и предложения; и, во-вторых, те системы, которые создают "доверие и безопасность" (например, для условного депонирования, обеспечивают репутацию, страхование, и приемлемые политики использования), которые обеспечивают бесперебойное функционирование торговых площадок. Такие платформы не являются основной причиной сдвига, но скорее выступают его ускорителем. Есть более фундаментальные драйверы этого сдвига:

- Веб и мобильная связь, которая позволяет осуществлять более прямые операции всех типов на уровне от человека к человеку.
- Использование корпорациями работников пожилого возраста, чтобы уменьшить свою зависимость от всех работников, а также увеличить использование неполного рабочего

времени и контрактов для рабочих по экономическим причинам».

В этом плане [18] совершенно логично вводит понятие рабочие 2.0 (WORKFARE 2.0), резонно утверждая: «В 2016 году, правительство должно ожидать, что те, кто способен к занятости, готовы участвовать в гигаэкономике до или в качестве условия получения пособия. Сделать это правительство должно. В конце концов, это необходимо. Но переход к такой системе требует от политиков пересмотреть всю сеть безопасности, затрагивающих почти каждую федеральную программу, и право, таким образом, чтобы они были ориентированы вокруг гига-экономики. Это задача не из легких, и, вероятно, будет самым существенным изменением этих программ в период после того как они были созданы».

Эту проблему, как считает WEF, придется решать всем странам, и вот что написано в его отчете [19]: «Разрушительные изменения в бизнес-ландшафт занятости и течение ближайших лет. Многие из основных факторов трансформации, в настоящее время затрагивающих глобальные отрасли, как ожидается, окажут большое воздействие на рабочие места, начиная от создания значительного числа рабочих мест на новые виды работ, до повышения производительности труда и увеличение разрыва в необходимых навыках. Во многих отраслях и странах большинство профессий, востребованных специальностей не существовали 10 или даже пять лет назад, а темп изменений продолжает ускоряться. По одной популярной оценке, 65% детей, которые сегодня учатся в начальной школе будут, в конечном итоге, работать с совершенно новыми типами трудовых заданий, которые еще не существуют. В таком быстро развивающемся пейзаже занятости способность предвидеть и подготовиться к будущим требованиям относительно навыков, содержанию работы и совокупному воздействию на занятость приобретает все большее значение для предприятий, правительств и граждан, с тем чтобы в полной мере воспользоваться возможностями, представленными этими тенденциями и смягчить нежелательные результаты.

Прошедшие волны технического прогресса и демографические изменения привели к росту благосостояния, производительности труда и созданию новых рабочих мест. Это не значит, тем не менее, что эти переходы были свободны от риска или трудностей. Поэтому предвидение и подготовка к этому переходу крайне важны. Инициатива Global Challenge Всемирного экономического форума относительно вопросов занятости, навыков и человеческого капитала видит свою задачу в том, чтобы определить

специфичность изменений занятости и навыков, а также стимулировать более глубокие дискуссии о том, как бизнес и правительства могут справиться с этим изменениями»

### **Предполагаемый объем рынка, связанный с 5G, IoT, и роль инноваций и патентов**

Есть много отдельных расчетов относительно того, как эта супер-трансформация, которую мы для простоты назовем 5G+IoT, изменит рынки. Нам кажется, что крайне авторитетное исследование [40] наиболее полно масштабно сумело дать эти оценки. Приведем их основные выводы:

- В 2035 году 5G позволит получить \$12,3 трлн. мирового производства. Это почти эквивалентно потребительским расходам в США в 2016 году и больше, чем совокупные расходы потребителей в Китае, Японии, Германии, Соединенном Королевстве и Франции в 2016 году.

- Глобальная цепочка создания стоимости 5G будет производить 3,5 трлн. долларов в год и поддерживать 22 миллиона рабочих мест в 2035 году. Это примерно комбинированная выручка лучших 13 компаний в Fortune Global 1000 в 2016 году - список, включающий Walmart, State Grid, Китайской национальной нефтяной компании, Royal Dutch Shell, ExxonMobil, Volkswagen, Toyota, Apple, Berkshire Hathaway и Samsung.

- Цепочка создания стоимости 5G будет инвестировать в среднем 200 млрд. долл. США в год для постоянного расширения и укрепления технологической базы 5G в инфраструктуру, сетевые и бизнес-приложения. Эта цифра представляет почти половину всех расходов федерального правительства, государственных и местных органов власти США на транспортную инфраструктуру в 2014 году.

- Более того, развертывание 5G будет способствовать устойчивому долгосрочному росту глобального реального ВВП. С 2020 по 2035 г. общий вклад 5G в реальный глобальный ВВП будет эквивалентен экономике размером с Индию, которая в настоящее время седьмая по величине экономика в мире».

Второй «герой» супер-трансформации – IoT стоит примерно столько же. Мы приводим наглядный рисунок 24 из [41].

Полагаем, что возможны колебания этих оценок, но порядки цифр, скорее всего, правильные. Конечно, исследование [40] далеко не единственное. Есть, например, еще [42, 45, 47] и, скорее всего, их количество будет только расти. Можем только пояснить, что, по нашему мнению, технологии 5G+IoT продвигаются вперед и становятся встроенными в устройства, транспорт, машины и вообще во все. В этом плане они исчезают из видимости и становятся функциями, ровно так, как фотоаппарат исчез в смартфоне. Впрочем, все финансовые оценки – это результат

расчетов текущих тенденций, как и прогноз технических решений. Например, в 2015 году Россия экспортировала нефти и нефтепродуктов на \$156,9 млрд., что на 25% больше, чем Китай — мобильных телефонов (\$124,9 млрд.), а в 2016-м — уже на 14% меньше (\$119,6 млрд. против \$138,8 млрд.). Это тоже тенденция, относящаяся к нашей теме, так как производство и сбыт смартфонов — это существенная часть этой гига-экономики или

экономики 5G.

Многое из будущего и настоящего можно узнать, анализируя патенты, которые есть некоторая часть жизненного цикла инноваций.

Если патенты оформляют, то, значит, рассчитывают на прибыль, так как это оформление патентов — дело затратное и юридически значимое.

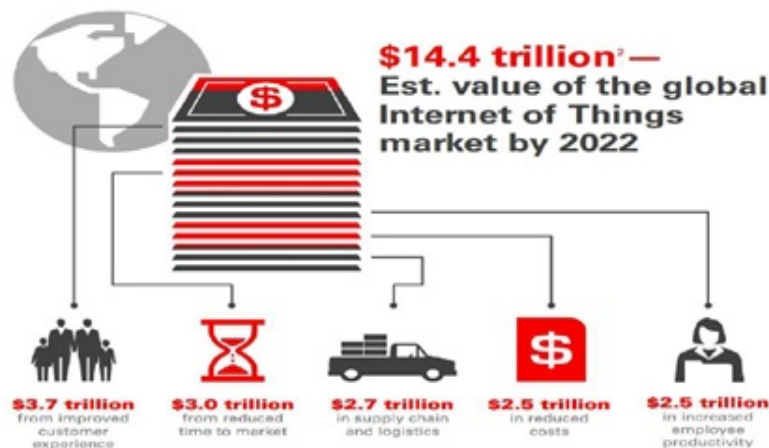


Рис. 25. Объем прогнозируемого рынка IoT с разбивкой по секторам ([41])

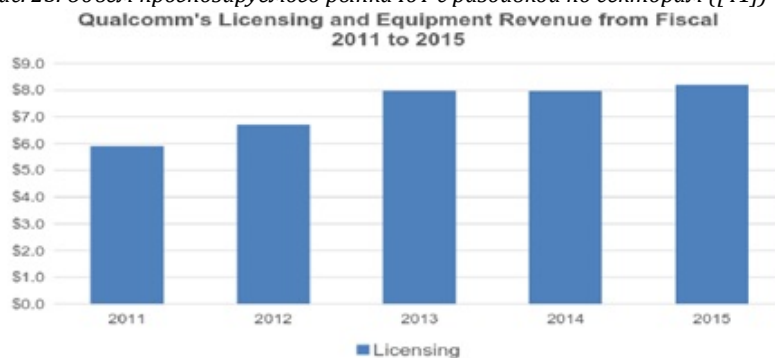


Рис. 26. Диаграмма доходов компании Qualcomm от патентов и лицензий по годам ([41])

Компания LexInnova специализируется на анализе патентов и имеет очень хорошую репутацию. Из ее публикаций мы возьмём для рассмотрения факты лицензирования и патентования, что позволит читателю определить ранние тенденции для технологии мобильных сетей 5G, IoT и других технологий. Перспективные технологии сведены LexInnova в таблицы самых горячих направлений, что очень упрощает их визуальное восприятие.

Но патенты на изобретения и инновации не появляются из воздуха. Сегодня они результаты хорошо финансируемых и очень рентабельных научно-технических исследований. Для того чтобы читатель смог понять их разнообразие и направленность, мы составили очень маленький перечень публикаций на эту тему, дополняющий предыдущие [24, 43, 44]. Так, огромные исследования [43] были опубликованы только по энерго-эффективности мобильных телефонов в 5G.

Возвращаясь, тем не менее, к теме собственно авторских прав и патентов, но продолжая тему

смартфонов и мобильных телефонов, нужно сказать, что практическими задачами изучения интеллектуальной собственности и партнерских отношений с компаниями необходимо заниматься для минимизации затрат на лицензирование и максимизацию доходов от лицензирования. Технология мобильной сети 4G привела к патентным войнам вокруг смартфонов и концентрации доходов от лицензирования. Смартфонные войны или лицензирование патентов и патентов на смартфоны — это постоянный бизнес, в том числе, между производителями смартфонов. Sony, Google, Apple Inc., Samsung, Microsoft, Nokia, Motorola, Huawei и HTC находятся среди прочих, участвующих в патентных спорах.

Сильный портфель интеллектуальной собственности в мобильных сетевых технологиях (2G, 3G & 4G) принес существенные доходы от лицензирования для компаний. Такие компании, как Nokia, Qualcomm, Ericsson, Microsoft заработали значительные доходы от лицензирования на

мобильных устройствах для сетевых технологий. Ниже приведена диаграмма доходов от лицензирования Qualcomm (рисунок 26).

Мобильные технологии 4G обеспечили значительные доходы от лицензирования для патентообладателей. В случае 5G, как ожидается, для компаний с превосходным портфолио авторских прав (IP - intellectual property) будет происходить тоже самое. Согласно [41] оцененные патентные роялти превышают 120 долларов США на гипотетический смартфон в 5G стоимостью 400 долларов, что почти равно стоимости компонентов устройства.

Требования патентных роялти для сотовой связи 4G LTE приближаются к 60 долл. за смартфон стоимостью в 400 дол, при этом средняя стоимость процессора с полосой пропускания, которая реализует функции сотовой связи, составляет всего от 10 долларов до 13 долл. США. Это означает, что компании, участвующие в разработке технологий 5G, должны иметь сильные стратегии монетизации портфеля патентов, если они хотят максимизировать прибыль от своих НИОКР.

Будучи поставщиком мобильных компонентов или технологий, компания получает ограниченный доход и рентабельность. Более того, IP-лицензирование инноваций, научных и технических разработок намного выгоднее, так как не требует избытка затрат на производство и эксплуатацию, необходимые для проектирования компонентов и услуг мобильной связи.

Технологии, которые патентуются наиболее интенсивно для 5G, настолько обширны и взаимосвязаны, что их карту интенсивности сделали в виде трех связанных сфер, которые можно видеть на рисунке 27. Карта интенсивности патентования технологий IoT и IIoT (Industry IoT — промышленного интернета вещей) одинакова и приведена на рисунке 28.



Рис. 27. Наиболее интенсивно патентуемые технологии 5G ([46])

Наиболее лицензируемые области виртуальной реальности можно увидеть на рисунке 29.

Батарея всегда была «необходимой предпосылкой» для большинства электронных и механических устройств. Современный сценарий свидетельствует о том, что технология аккумуляторных батарей получила широкое развитие для автомобильной промышленности, транспорта и портативной бытовой электроники.

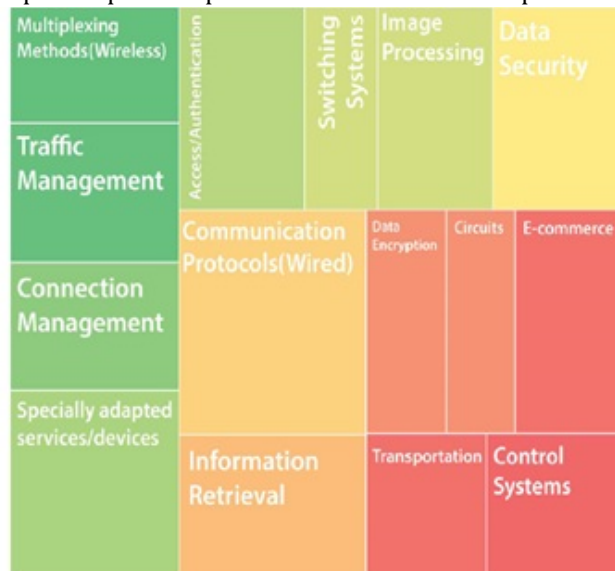


Рис. 28. Наиболее лицензируемы области IoT и IIoT ([41,48])

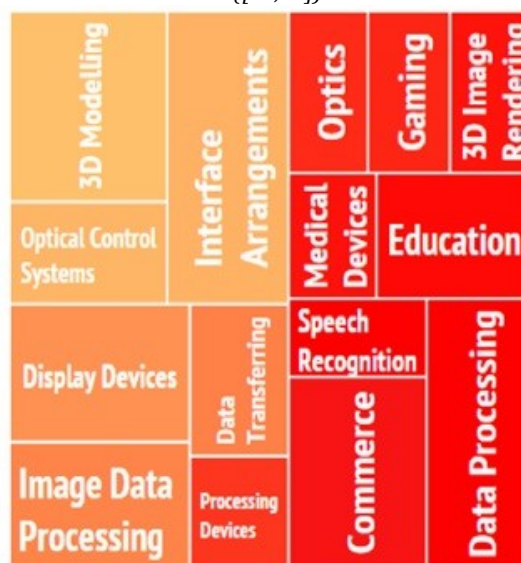


Рис. 29. Наиболее лицензируемы области виртуальной реальности ([50])

Мы также можем заключить, что исследование ориентировано на удовлетворение требований клиентов, таких как форма, размер, зарядная емкость, совместимость и плотность зарядки. Технология батареи была в центре внимания таких компаний, как Panasonic, NEC, Sony, LG, Toyota и Toshiba. Однако в последние годы в это пространство вошли несколько новых компаний, таких как Google и Tesla, а также некоторые

стартапы, такие как QuantumScare. Прорыв в технологии аккумуляторных батарей может обеспечить огромный импульс для электромобилей и солнечной энергетики. Все сказанное чрезвычайно справедливо для всей экосистемы 5G+IoT.

На рисунке 30 приводится карта наиболее лицензируемых технологий для элементов питания.

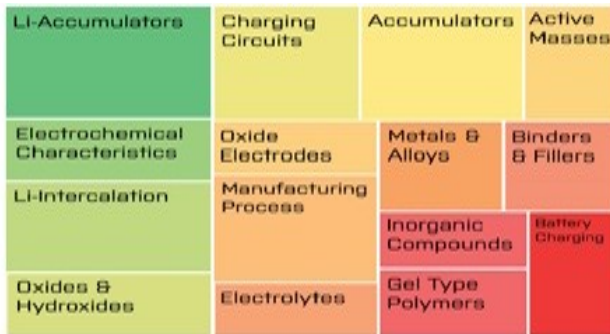


Рис. 30. Карта наиболее лицензируемых технологий для элементов питания

### Заключение

Цифровое преобразование, которое мы условно назвали 5G+IoT, имеет, как нам видится, огромное значение для цифровой экономики России. Мы постарались построить эту статью с максимальным учетом более детального обсуждения того, как эти процессы могли бы развиваться в России. Нам представляется, что по многим компонентам этой огромной и, возможно, принципиальной цифровой трансформации

проходят как исследования, так и практические действия. Так, почти все российские мобильные операторы сделали заявления о проведении тестовых испытаний оборудования связи для 5G. Но только оборудования связи для экосистемы 5G+IoT явно недостаточно.

На рисунке 31 в сведенной форме представлены события в конкуренции и сотрудничестве стран за освоение возможностей 5G+IoT. Интересно, что, как и в случае 4G, для национальных демонстраций используются мировые события — Олимпийские игры, как зимние, так и летние олимпиады.

Первой стартует в следующем году Южная Корея на зимней олимпиаде. В графике стартов Япония и Китай. Это огромная возможность не только показать всему миру достижения своих стран в этом мегапроекте цифровой экономики, но и сделать невиданную зримую рекламу своим отечественным компаниям. Есть на рисунке 31 и Россия с не менее значимым событием — мировым футбольным чемпионатом, но без планов демонстрации результатов в 5G+IoT.

Конечно, многие страны просто трудолюбиво и тщательно готовят свой переход к 5G+IoT и, на наш взгляд, так же надо делать и в России. Только требуется понимание необходимости преодоления традиционных для нас ведомственных интересов и широкого привлечения научных сил для быстрого исследования того, какие выгоды может получить наша страна за счет этой сверхбольшой цифровой трансформации.

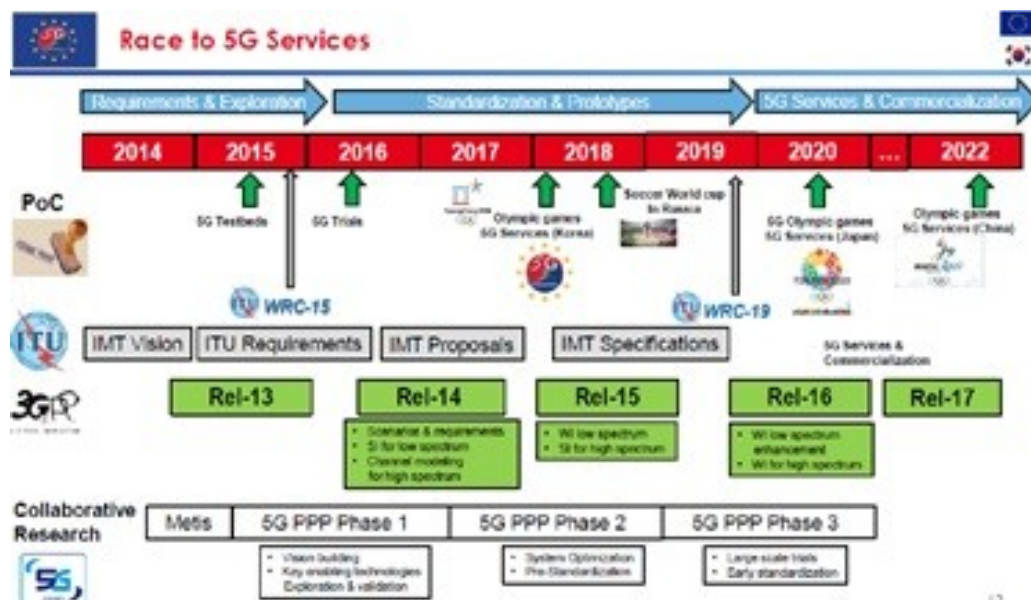


Рис. 31. Гонка к сервисам 5G (источники — ITU и др.)

### Литература

1. Алексей Шалагинов 5G: НОВАЯ ПАРАДИГМА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ Connect WIT 2017 №1-2 Опубликовано: <http://www.connect-wit.ru/budushhee-5g.html>.
2. GSMA Intelligence — Research — Understanding 5G; Retrieved from <https://gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf>.



3. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642
4. Куприяновский В. П. и др. Экономика приложений - состояние, стандарты и борьба с цифровым исключением //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9.-С.13-23.
5. 5G For Dummies, Mitel Special Edition. Copyright 2017 by John Wiley & Sons, Inc
6. Enterprise Labeling For Dummies Copyright 2016 by John Wiley & Sons, Inc
7. Куприяновский В. П. и др. Интернет вещей на промышленных предприятиях //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-С.69-78.
8. Куприяновский В. П. и др. Трансформация промышленности в цифровой экономике - проектирование и производство //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.-С.50-70.
9. Куприяновский В. П. и др. Трансформация промышленности в цифровой экономике – экосистема и жизненный цикл //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.-С.34-49.
10. Куприяновский В. П. и др. Интеллектуальная мобильность в цифровой экономике //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 2.-С.46-63.
11. Куприяновский В. П. и др. Экономика инноваций цифровой железной дороги. Опыт Великобритании //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3.-С.79-99.
12. 5G: New Services, New Customers, New Challenge. TechUK 2017
13. Creating a Gigabit Society – the role of 5G. A report by Arthur D. Little for Vodafone Group Plc. 2017
14. Liberty Global Policy Series. Robert Kenny & Brian Williamson. Connectivity for the Gigabit Society: A framework for meeting fixed connectivity needs in Europe .November 2016
15. Internet of Things For Dummies. Copyright 2017 by John Wiley & Sons, Inc
16. Digital Transformation For Dummies, Mitel Special Edition 2017 by John Wiley & Sons, Inc
17. Serving Workers in the Gig Economy Emerging Resources for the On-Demand Workforce by Nick Grossman and Elizabeth Woyke Copyright 2016 O'Reilly Media, Inc.
18. Using the Gig Economy to Reform Entitlements By Derek Khanna and Cesar Conda. Copyright 2016 by the Aspen Institute
19. The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution January 2016 WEF
20. 5G Vision, Requirements, and Enabling Technologies March 2016. 5G Forum, Republic of Korea.
21. Beyond LTE: Enabling the Mobile Broadband Explosion, Rysavy Research/4G Americas, August 2015
22. Getting to Know Web GIS, Second Edition. ESRI; 2017
23. Instructional Guide for The ArcGIS Book. Esri; 2017
24. Fundamentals of 5G Mobile Networks Edited by Jonathan Rodriguez Senior Research Fellow Instituto de Telecomunicacoes, Aveiro, Portugal. 2015 John Wiley & Sons, Ltd.
25. Mobile commerce revenue will account for 50% of U.S. digital commerce revenue by 2017, Source: Gartner
26. Cisco Visual Networking Index (VNI) Global Mobile Data Forecast 2015–2020.
27. ITU-R Recommendation M.2083-0 (2015).
28. Cisco VNI Mobile, 2016.
29. Cisco Visual Networking Index (VNI) Global Mobile Data Forecast 2015–2020.
30. TV and media 2016, November 2016.
31. Source: Cisco VNI Mobile, 2016.
32. Source: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020.
33. Kupriyanovsky V. et al. On Internet of Digital Railway //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12. – С. 53-68.
34. Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Куприяновский П. В. On standardization of Smart Cities, Internet of Things and Big Data. The considerations on the practical use in Russia //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 34-40.
35. SHIP CONNECTIVITY.DNV GL STRATEGIC RESEARCH & INNOVATION POSITION PAPER 04-2015
36. Assessing satellite-terrestrial integration opportunities in the 5G environment. A business and technology oriented whitepaper positioning satellite solutions in the emerging 5G landscape. Eurescom, Fraunhofer, Fokus, SES, TU September 2016
37. GLOBAL OUTLOOK 2016: SPATIAL INFORMATION INDUSTRY Isabel Coppa, Peter Woodgate and Zaffar Mohamed-Ghouse November 2016
38. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Achieving Science with CubeSats: Thinking Inside the Box. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23503
39. Future U.S. Workforce for Geospatial Intelligence. Copyright © National Academy of Sciences. 2013
40. The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. IHS ECONOMICS & IHS TECHNOLOGY January 2017
41. Internet of Things: 2016. Patent and Perspectives LexInnova 2016
42. INCENTIVES TO INVEST IN 5G. Final report for the NIC. Frontier Economics Ltd. 18 November 2016
43. Ayman Radwan Energy Efficient Smart Phones for 5G Networks Springer International Publishing Switzerland 2015
44. 5G innovation opportunities- A discussion paper Future Technologies Network. On the shaping of 5G technologies and networks, scope for wider service and applications innovation and UK strengths and opportunities. TechUK August 2015
45. Future Communications Challenge Group (FCCG) UK strategy and plan for 5G & Digitisation - driving economic growth and productivity January 2017 Interim report
46. 5G Mobile Network Technology Patent Landscape Analysis LexInnova 2016
47. Facilitating the 21st Century Wireless Economy Testimony of Jennifer A. Manner Senior Vice President, Regulatory Affairs EchoStar Corporation Before the House Commerce Committee Subcommittee on Communications and Technology April 5, 2017
48. Industrial Internet of Things Patent Landscape Analysis LexInnova 2016

## References

1. Aleksey Shalaginov 5G: NOVAJa PARADIGMA TELEKOMMUNIKACIJ Connect WIT 2017 №1-2 Opublikovano: <http://www.connect-wit.ru/budushhee-5g.html>.
2. GSMA Intelligence — Research — Understanding 5G; Retrieved from <https://gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf>.
3. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642
4. Kupriyanovskij V. P. i dr. Jekonomika prilozhenij - sostojanie, standarty i bor'ba s cifrovym iskljucheniem //International Journal of

- Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9.-S.13-23.
5. 5G For Dummies, Mitel Special Edition. Copyright 2017 by John Wiley & Sons, Inc
  6. Enterprise Labeling For Dummies Copyright 2016 by John Wiley & Sons, Inc
  7. Kuprijanovskij V. P. i dr. Internet Veshhej na promyshlennyh predpriyatijah //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12.-S.69-78.
  8. Kuprijanovskij V. P. i dr. Transformacija promyshlennosti v cifrovoj jekonomike - proektirovanie i proizvodstvo //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.-S.50-70.
  9. Kuprijanovskij V. P. i dr. Transformacija promyshlennosti v cifrovoj jekonomike – jekosistema i zhiznennyj cikl //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.-S.34-49.
  10. Kuprijanovskij V. P. i dr. Intellektual'naja mobil'nost' v cifrovoj jekonomike //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 2.-S.46-63.
  11. Kuprijanovskij V. P. i dr. Jekonomika innovacij cifrovoj zheleznoj dorogi. Opyt Velikobritanii //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3.-S.79-99.
  12. 5G: New Services, New Customers, New Challenge. TechUK 2017
  13. Creating a Gigabit Society – the role of 5G. A report by Arthur D. Little for Vodafone Group Plc. 2017
  14. Liberty Global Policy Series. Robert Kenny & Brian Williamson. Connectivity for the Gigabit Society: A framework for meeting fixed connectivity needs in Europe .November 2016
  15. Internet of Things For Dummies. Copyright 2017 by John Wiley & Sons, Inc
  16. Digital Transformation For Dummies, Mitel Special Edition 2017 by John Wiley & Sons, Inc
  17. Serving Workers in the Gig Economy Emerging Resources for the On-Demand Workforce by Nick Grossman and Elizabeth Woyke Copyright 2016 O'Reilly Media, Inc.
  18. Using the Gig Economy to Reform Entitlements By Derek Khanna and Cesar Conda. Copyright 2016 by the Aspen Institute
  19. The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution January 2016 WEF
  20. 5G Vision, Requirements, and Enabling Technologies March 2016. 5G Forum, Republic of Korea.
  21. Beyond LTE: Enabling the Mobile Broadband Explosion, Rysavy Research/4G Americas, August 2015
  22. Getting to Know Web GIS, Second Edition. ESRI; 2017
  23. Instructional Guide for The ArcGIS Book. Esri; 2017
  24. Fundamentals of 5G Mobile Networks Edited by Jonathan Rodriguez Senior Research Fellow Instituto de Telecomunicacoes, Aveiro, Portugal. 2015 John Wiley & Sons, Ltd.
  25. Mobile commerce revenue will account for 50% of U.S. digital commerce revenue by 2017, Source: Gartner
  26. Cisco Visual Networking Index (VNI) Global Mobile Data Forecast 2015–2020.
  27. ITU-R Recommendation M.2083-0 (2015).
  28. Cisco VNI Mobile, 2016.
  29. Cisco Visual Networking Index (VNI) Global Mobile Data Forecast 2015–2020.
  30. TV and media 2016, November 2016.
  31. Source: Cisco VNI Mobile, 2016.
  32. Source: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020.
  33. Kuprijanovskij V. et al. On Internet of Digital Railway //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12. – S. 53-68.
  34. Kuprijanovskij V. P., Namiot D. E., Kuprijanovskij P. V. On standardization of Smart Cities, Internet of Things and Big Data. The considerations on the practical use in Russia //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – S. 34-40.
  35. SHIP CONNECTIVITY.DNV GL STRATEGIC RESEARCH & INNOVATION POSITION PAPER 04-2015
  36. Assessing satellite-terrestrial integration opportunities in the 5G environment. A business and technology oriented whitepaper positioning satellite solutions in the emerging 5G landscape. Eurescom, Fraunhofer, Fokus, SES, TU September 2016
  37. GLOBAL OUTLOOK 2016: SPATIAL INFORMATION INDUSTRY Isabel Coppa, Peter Woodgate and Zaffar Mohamed-Ghouse November 2016
  38. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Achieving Science with CubeSats: Thinking Inside the Box. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23503
  39. Future U.S. Workforce for Geospatial Intelligence. Copyright © National Academy of Sciences. 2013
  40. The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. IHS ECONOMICS & IHS TECHNOLOGY January 2017
  41. Internet of Things: 2016. Patent and Perspectives LexInnova 2016
  42. INCENTIVES TO INVEST IN 5G. Final report for the NIC. Frontier Economics Ltd. 18 November 2016
  43. Ayman Radwan Energy Efficient Smart Phones for 5G Networks Springer International Publishing Switzerland 2015
  44. 5G innovation opportunities- A discussion paper Future Technologies Network. On the shaping of 5G technologies and networks, scope for wider service and applications innovation and UK strengths and opportunities. TechUK August 2015
  45. Future Communications Challenge Group (FCCG) UK strategy and plan for 5G & Digitisation - driving economic growth and productivity January 2017 Interim report
  46. 5G Mobile Network Technology Patent Landscape Analysis LexInnova 2016
  47. Facilitating the 21st Century Wireless Economy Testimony of Jennifer A. Manner Senior Vice President, Regulatory Affairs EchoStar Corporation Before the House Commerce Committee Subcommittee on Communications and Technology April 5, 2017
  48. Industrial Internet of Things Patent Landscape Analysis LexInnova 2016

Поступила: 30.03.2017

#### Об авторах:

**Куприяновский Василий Павлович**, заместитель директора Национального центра компетенций в области цифровой экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, [vpkupriyanovsky@gmail.com](mailto:vpkupriyanovsky@gmail.com)

**Синягов Сергей Анатольевич**, Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, [ssinyagov@gmail.com](mailto:ssinyagov@gmail.com)

**Намиот Дмитрий Евгеньевич**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории открытых информационных технологий факультета вычислительной математики и кибернетики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

[dnamiot@gmail.com](mailto:dnamiot@gmail.com)

**Шнепс-Шнеппе Манфред Александрович**, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «ЦКБ-Абаванет», Вентспилсская высшая школа, [sneps@mail.ru](mailto:sneps@mail.ru)

**Ишмуратов Альберт Рафкатович**, руководитель направления по развитию ключевых федеральных проектов, ПАО «МегаФон», [Albert.Ishmuratov@megafon.ru](mailto:Albert.Ishmuratov@megafon.ru)

**Добрынин Андрей Петрович**, директор Центра геопространственного экономического анализа экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, [andrey.p.dobrynin@gmail.com](mailto:andrey.p.dobrynin@gmail.com)

**Колесников Андрей Николаевич**, директор Аналитического консалтингового центра кафедры экономики инноваций, лаборатории проблем инновационного развития экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, [fz-217@mail.ru](mailto:fz-217@mail.ru)

**Note on the authors:**

**Kupriyanovsky Vasily**, Deputy Director of the National Compensation Center for Digital Economy, Lomonosov Moscow State University, [vpkupriyanovsky@gmail.com](mailto:vpkupriyanovsky@gmail.com)

**Sinyagov Sergey**, National Compensation Center for Digital Economy, Lomonosov Moscow State University, [ssinyagov@gmail.com](mailto:ssinyagov@gmail.com)

**Namiot Dmitry**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, the Laboratory of Open Information Technologies, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University, [dnamiot@gmail.com](mailto:dnamiot@gmail.com)

**Sneps-Sneppe Manfred**, doctor of technical sciences, professor, General Director of ООО «TsKB-Abavanet», Ventspils University College, [sneps@mail.ru](mailto:sneps@mail.ru)

**Ishmuratov Albert**, Head of the development of key federal projects, PJSC «МегаФон», [Albert.Ishmuratov@megafon.ru](mailto:Albert.Ishmuratov@megafon.ru)

**Dobrynin Andrey**, Director of the Center for Geospatial Economic Analysis, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, [andrey.p.dobrynin@gmail.com](mailto:andrey.p.dobrynin@gmail.com)

**Kolesnikov Andrey**, Director of the Analytical Consulting Center of the Department of Economics of Innovation, the Laboratory of Innovative Development Problems, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, [fz-217@mail.ru](mailto:fz-217@mail.ru)