



# Переход к международным нормам на излучение электромагнитных полей

## Преимущества для строительства сетей 5G в России



---

### **Информация о GSMA**

GSMA представляет интересы мобильных операторов по всему миру. Более 750 мобильных операторов являются членами GSMA, более 350 компаний мобильной экосистемы являются ассоциированными членами, включая производителей телефонов и пользовательских устройств, компании разработчики ПО, производителей оборудования и интернет-компании, а также организации из смежных отраслей. Кроме того, GSMA ежегодно организует ведущие мероприятия индустрии MWC в Барселоне, Лос-Анджелесе и Шанхае, а также региональные мероприятия серии M360.

Для получения дополнительной информации посетите сайт [gsma.com](https://www.gsma.com)

Вы можете следить за нашими новостями в Twitter:

[@GSMA](https://twitter.com/GSMA)

[@GSMAPolicy](https://twitter.com/GSMAPolicy)

[@GSMAEurope](https://twitter.com/GSMAEurope)

---

### **Авторы**

Доктор Джек Роули, Старший директор - исследования и устойчивое развитие, GSMA (Ведущий автор)  
Доктор Витас Андерсон, Главный консультант, Two Fields Consulting

### **Также работали над созданием**

Таир Исмаилов, Директор по стратегическому взаимодействию – Россия и СНГ, GSMA  
Дмитрий Васильев, Менеджер по стратегии использования радиочастотного спектра, МегаФон  
Светлана Курникова, Инженер, МегаФон  
Алексей Потряхаев, Руководитель по архитектуре новых сетевых решений, ВымпелКом  
Анна Тарасенко, Руководитель центра регуляторного обеспечения сети, МТС  
Вадим Посакаухин, Руководитель проектов, Спектрум Менеджмент

---

### **Благодарности**

GSMA благодарит сотрудников операторов мобильных сетей в России за работу по моделированию сценариев развертывания сетей 5G для данного отчета.

# Оглавление

<b>1. Общий обзор</b>	<b>5</b>
<b>2. Введение</b>	<b>8</b>
2.1 Преимущество сетей 5G	8
2.2 5G в России	9
<b>3. Радиосигналы и беспроводные сети</b>	<b>10</b>
<b>4. Мировое регулирование в отношении соблюдения требований для ЭМП РЧ</b>	<b>13</b>
4.1 Международные нормы на воздействие ЭМП РЧ	14
4.1.1 Международные руководящие принципы по воздействию ЭМП РЧ МКЗНИ	14
4.1.2 ВОЗ и МСЭ поддерживают гармонизацию ограничения пределов воздействия радиочастотных ЭМП	15
4.1.3 Тенденции к гармонизации пределов воздействия для ЭМП РЧ	15
4.1.4 Предшествующие исследования влияния излишне ограничивающих значений пределов для РЧ ЭП	17
4.1.5 Развертывание сетей 5G в странах с более жесткими нормами на воздействие ЭМП РЧ	19
4.2 Международные стандарты соответствия для ЭМП РЧ	20
4.2.1 МЭК TC106	20
4.2.2 ITU-T SG5	21
4.3 Оценка соответствия ЭМП РЧ smart антенн	22
4.4 Положительная практика оценки соответствия ЭМП РЧ	23
4.4.1 Самостоятельное декларирование соответствия операторов сайтов и уведомления	23
4.4.2 Методы оценки, основывающиеся на международных технических стандартах	24
4.4.3 Расчетная оценка воздействия ЭМП РЧ	24
4.4.4 Учет погрешности	25
4.4.5 Измерения после ввода в эксплуатацию по технической необходимости	26
4.4.6 Переоценка, проводимая в случаях, когда изменения в сайте влияют на уровни ЭМП РЧ в прилегающих областях	26
4.4.7 Пределы воздействия ЭМП РЧ в зависимости от контролируемой зоны доступа	26
4.4.8 Упрощенные критерии и типовые случаи для оценки базовых станций	27
4.4.9 Процедуры согласования для контроля соответствия ЭМП РЧ для совместно используемых сайтов	27
4.4.10 Эффективные административные процедуры	27
4.5 Комментарии по эффективности контроля ЭМП РЧ	28



<b>5. Регулирование соблюдения требований безопасности ЭМП РЧ в России</b>	<b>30</b>
5.1 Источник российских пределов воздействия ЭМП РЧ	30
5.2 Российские стандарты по воздействию ЭМП РЧ для антенн мобильных сетей	31
5.3 Административные процедуры контроля соблюдения требований СанПиН	33
5.4 Практические трудности, связанные с правилами СанПиН	34
5.4.1 Определение зоны ограничения с учетом перспективного развития	34
5.4.2 Определение наличия ПРТО	34
5.4.3 Определение максимальной излучаемой мощности	34
5.4.4 Обоснование необходимости усиления мониторинга ЭМП РЧ	34
5.4.5 Количество и выбор мест измерения ЭМП РЧ	34
5.4.6 Обработка погрешности измерений	35
5.5 Сравнение российских и международных допустимых уровней воздействия ЭМП РЧ	35
<b>6. Влияние российской системы проверки на соответствие для ЭМП РЧ на развертывание сетей 5G</b>	<b>38</b>
6.1 Результаты моделирования	40
6.1.1 Москва. Городская застройка	40
6.1.2 Москва. Территория, прилегающая к спортивным объектам	41
6.1.3 Экстраполяция результатов на все районы Москвы	41
6.1.4 Оценка влияния использования различных норм на электромагнитное излучение на финансовые затраты операторов	42
<b>7. Выводы</b>	<b>44</b>
<b>8. Рекомендации</b>	<b>46</b>
<b>9. Приложения</b>	<b>48</b>
9.1 Сокращения	49
9.2 Распределение клаттеров на территории Москвы (МКАД+)	50
9.3 Руководящие принципы МКЗНИ по воздействию ЭМП РЧ	51
9.4 Детали расчетной модели ЭМП РЧ для Рис.7	53
9.5 Оценка соответствия РЧ ЭМП для активных антенных систем	54
9.5.1 Оценка соответствия РЧ ЭМП с использованием подхода на основе фактических максимальных значений	54
9.5.2 Учет понижающих коэффициентов при оценке РЧ ЭМП	55

## 1

# Общий обзор



**Сети 5G предполагают не только более высокую скорость, чем существующие технологии, но и станут площадкой для приложений, имеющих первостепенное социально-экономическое значение, и способствующих созданию общества, в котором мобильная связь будет играть еще более важную роль в жизни людей.**

Мобильные пользователи в Российской Федерации уже являются многочисленными потребителями мобильных данных. В результате крупных инвестиций операторов в сети LTE страна в настоящее время стремительно внедряет сети 4G. В процентном отношении от общей численности мобильных подключений покрытие сетями 4G должно увеличиться более чем в два раза в течение следующих 5 лет и достигнуть к 2023 году показателя в две трети от их общего значения. Прогнозы по сетям 5G в Российской Федерации предполагают их коммерческое внедрение с 2021 года, при этом абонентская база 5G составит 43 млн к 2025 году, что составляет 20% от всех мобильных подключений.

В июле 2017 года Правительство Российской Федерации утвердило программу “Цифровая экономика”, которая направлена на создание цифровой экосистемы, в которой данные являются

ключевым фактором производства во всех социально-экономических направлениях. Сети 5G являются основным элементом инфраструктурного драйвера этой программы и, как ожидается, будут поддерживать значительно более высокие скорости мобильного широкополосного Интернета и более высокий уровень использования данных по сравнению с прошлыми поколениями сетей, раскрывая при этом весь потенциал Интернета вещей (IoT). К концу 2021 года Правительство РФ рассчитывает на коммерческую эксплуатацию “некоторого значительного количества” базовых станций для обеспечения стабильной работы сетей в крупных городах. К концу 2021 года Правительство рассчитывает на коммерческую эксплуатацию сети 5G в 10 городах с населением более 1 миллиона человек.

Препятствием для успешного внедрения сетей 5G



являются существующие в Российской Федерации гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов (ПРТО), которые устанавливают предельно допустимые уровни воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на человека, а также общие административные и технические требования к получению согласований государственных органов. Они основаны на методиках, применявшихся в СССР, и существенно отличающихся от международных руководящих принципов по воздействию на человека МКЗНИ и технических стандартов.

В частности, эти ограничения являются значительно более жесткими, чем международные руководящие принципы МКЗНИ. Они не предоставляют дополнительных преимуществ для охраны здоровья и не приводят к снижению уровня неблагоприятного воздействия в общественных местах.

Всемирной основой для ограничения неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ на здоровье человека являются международные руководящие принципы по ограничению неблагоприятного воздействия на здоровье человека и международные технические стандарты, предусматривающие методы оценки соблюдения данных ограничений. Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ) разработала международные руководящие принципы, которые распространяются на все частотные диапазоны, используемые для мобильных служб. Руководящие принципы МКЗНИ, применимые к антеннам мобильных сетей, широко применяются в Европе, Африке, Азии и Латинской Америке. В Северной Америке используется аналогичный стандарт для оценки степени воздействия от радиосетей.

В международных научных кругах существует консенсус о том, что международные ограничения МКЗНИ обеспечивают защиту лиц от всех возможных опасностей от воздействия ЭМП РЧ на здоровье человека. Они основываются на всеобъемлющих обзорах научных данных. Обновленные ограничения были опубликованы в марте 2020 года и подтверждают большинство ограничений в существующих международных руководящих принципах. Такие международные организации как МСЭ и ВОЗ призывают государства-члены принять согласованные ограничения по неблагоприятному воздействию ЭМП РЧ на здоровье человека.

Для оценки преимуществ внедрения сетей 5G при принятии международных руководящих принципов по

неблагоприятному воздействию ЭМП РЧ на здоровье человека российские операторы мобильных сетей проанализировали процесс внедрения сетей 5G в Москве при условии существующих ограничений (СанПиН) или применения международных (МКЗНИ) ограничений.

В процессе моделирования было установлено, что ограничения на мощность излучения базовой станции сетей 5G в соответствии с существующими ограничениями Российской Федерации делают невозможным обеспечить покрытие 5G внутри помещений. Поэтому моделирование проводилось только для покрытия вне помещений.

Анализ показал, что для диапазона 3,5 ГГц в Москве требуется в три раза больше базовых станций для обеспечения покрытия в условиях городской застройки при сохранении существующих российских ограничений, чем в случае использования международных норм. При условии применения норм МКЗНИ количество сайтов практически не изменится, покрытие 5G можно будет обеспечить добавлением 5G оборудования на существующие сайты.

Для добавления оборудования 5G на существующие сайты при российских ограничениях потребуются модернизировать все сайты, при международных МКЗНИ – меньше половины. Под модернизацией в данном случае подразумеваются изменения мощности существующих передатчиков других технологий (UMTS, LTE, GSM) или изменения параметров антенн (новые места расположения или ориентация).

Исходя из опыта других стран с жесткими ограничениями и результатов исследований по моделированию для Москвы, существующие российские ограничения негативно скажутся на внедрении сетей 5G. По сравнению с международными ограничениями российские ограничения приведут к увеличению количества дополнительных базовых станций, уменьшению возможностей их совместного использования, возможному снижению доступности услуг (особенно в помещениях), задержке развертывания инфраструктуры из-за административной неэффективности.

Международные технические стандарты предусматривают методы для оценки соответствия ограничений неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ на здоровье человека от базовых станций мобильных сетей. Эти стандарты постоянно пересматриваются и приводятся в соответствие с новыми изменениями в требованиях для оценки ограничений на негативное

воздействие ЭМП РЧ на здоровье человека или на технологии, как, например, технологии smart антенн.

Использование электронных процедур для регулирования соблюдения требований в отношении базовых станций, включая представление данных и утверждение разрешений (в случае необходимости), является положительной административной практикой и повышает эффективность как для административных органов, так и для индустрии. Заявление оператора о соблюдении требований в сочетании с соответствующим уведомлением

компетентных органов и процедурами электронного документооборота рассматривается как наиболее эффективный административный подход.

Очевидно, что принятие международных руководящих принципов (МКЗНИ) по ограничению неблагоприятного воздействия на здоровье человека и современных подходов к оценке соответствия базовых станций международным техническим стандартам пошло бы на пользу внедрению сетей 5G в России.

# 2

## Введение

### 2.1 Преимущество сетей 5G

Внедрение сетей 5G приведет к увеличению мобильных подключений к сети Интернет, что изменит общество в областях, которые затрагивают нашу повседневную жизнь и деятельность. Сети 5G предполагают не только более высокую скорость, чем существующие технологии, но и обеспечивают использование приложений, имеющих первостепенное социально-экономическое значение, использование которых обеспечивает создание общества, в котором мобильная связь будет играть еще более важную роль в жизни людей.

Двумя ключевыми техническими характеристиками сетей 5G являются скорость передачи данных (пропускная способность) и время передачи данных внутри сети (время задержки передачи данных). Требованиями к данным характеристикам в сетях 5G являются более высокая скорость передачи данных и пропускная способность с более низкой

задержкой, а также уменьшенное энергопотребление и повышенная эффективность системы.

Хотя сети 5G обеспечивают более высокие значения характеристик, чем сети 4G, совместно сети 4G и 5G в 2020-х годах будут основой для создания будущих мобильных сетей (NGMN). Сети 5G будут использовать и интегрировать целый набор сетей и полос радиочастот для удовлетворения потребностей пользователей в пропускной способности и обеспечения покрытия.

Обеспечивая на сегодня самую большую пропускную способность, сети 5G будут поддерживать рост цифровой экономики во многих странах. Это объясняет активную деятельность правительств стран всего мира по увеличению темпов и скорости внедрения сетей 5G и их коммерциализации.

<sup>1</sup> GSMA, *The Mobile Economy Russia & CIS, 2019* (<https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/russia-cis/>).

Сети 5G набирают обороты<sup>1</sup>, более 120 операторов во всем мире проводят тестирование сетей 5G, и более 70 операторов анонсировали планы по запуску их коммерческого использования. Около 40% мобильных операторов в мире планировали

запустить сети 5G в коммерческую эксплуатацию в 2019 году, а оставшиеся 60% из них планируют коммерческие запуски в 2020 году или позднее, как только стандарты 5G NR (New Radio) будут готовы для коммерческого внедрения.

## 2.2 5G в России

Как указывалось в Отчете GSMA<sup>2</sup>, Россия является относительно зрелым рынком мобильной связи с показателем проникновения для уникальных абонентов 90% на конец 2018 года. Значительная часть абонентов мобильных сетей в России уже используют мобильную передачу данных, объем которых растёт в соответствии с увеличением количества смартфонов. Благодаря инвестициям большинства операторов в сети LTE в настоящее время в стране осуществляется быстрый переход к сетям 4G. Это приведет к тому, что в течение следующих пяти лет доля 4G-подключений увеличится более чем вдвое и достигнет двух третей от общего количества соединений к 2023 году.

И хотя Россия не находится среди стран первой волны по запуску сетей 5G, в промышленности и среди политиков возрастает понимание важности сетей 5G для различных секторов и экономики в целом. Ожидается, что коммерческие сети 5G в России начнут появляться с 2020 года, а количество подключений 5G к 2025 году достигнет 46 млн. Это соответствует 20% от общего числа подключений с охватом 60% населения. Согласно этому прогнозу, показатели роста в России превысят среднемировой уровень, но при этом будут ниже уровня ведущих рынков 5G — США, Южной Кореи и Китая.

Сети 5G широко рассматриваются в России как необходимое условие для создания новой более конкурентоспособной национальной экономики.

В июле 2017 года Правительство Российской Федерации утвердило программу "Цифровая экономика", которая направлена на создание цифровой экосистемы, в которой данные являются ключевым фактором производства во всех социально-экономических направлениях. Сети 5G являются основным элементом инфраструктурного драйвера этой программы и, как ожидается, будут поддерживать значительно более высокие скорости мобильного широкополосного Интернета и более высокий уровень использования данных

по сравнению с прошлыми поколениями сетей, раскрывая при этом весь потенциал Интернета вещей (IoT). К концу 2021 года Правительство рассчитывает на коммерческую эксплуатацию сетей 5G в 10 городах с населением более 1 миллиона человек<sup>3</sup>.

Внедрение сетей 5G должно рассматриваться регуляторами не только как развитие отрасли телекоммуникаций, но и как условие создания цифровой экономики и обеспечения трансформации ее отраслей. При таком понимании регулирование мобильной телекоммуникационной отрасли должно перейти от контроля и руководства над ней к стимулированию ее развития. Ключевым фактором в успешном внедрении и развитии сетей 5G является государственная поддержка комплексного плана развития сетей 5G.

GSMA определила ряд рекомендаций, которые могут способствовать своевременному развертыванию сетей 5G в России. Две из этих рекомендаций относятся к строительству мобильных сетей:

- **Процедуры и условия развертывания:** для поддержки быстрого и эффективного развертывания 5G регулирующим органам потребуется применять новые подходы к осуществлению контроля за развитием сетей. Целесообразно рассмотреть возможность перехода от регулирования на основе разрешений к процедурам на базе уведомлений. Это может стать важным условием для ускорения развертывания сетей 5G операторами.
- **Нормы на излучения при использовании беспроводной связи:** чтобы не отстать при развитии сетей 4G и 5G, необходимо пересмотреть ограничения в отношении электромагнитного излучения при использовании беспроводной связи с учетом международных стандартов МКЗНИ и необходимости обеспечения безопасности населения.

<sup>1</sup> GSMA, *5G in Russia: a local and global view, on the way forward, 2019* (<https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=72a7ab031eacdeb6af34a1c2a691df97&download>).

<sup>3</sup> [https://files.data-economy.ru/Docs/FP\\_Информационная\\_инфраструктура.pdf](https://files.data-economy.ru/Docs/FP_Информационная_инфраструктура.pdf)

# 3

## Радиосигналы и беспроводные сети

Беспроводные сети и устройства позволяют обмениваться информацией (голосом или данными) с помощью радиочастотных (РЧ) сигналов - вида электромагнитной энергии (или электромагнитных полей – ЭМП). Как видно из рисунка 1, радиочастотные сигналы являются частью повседневной жизни, они имеют как природное происхождение (солнце и земля), так и технологическое (беспроводные сети,

телевидение и радиовещание). Радиосигналы являются неионизирующими, т.е. они не могут непосредственно передать молекуле достаточное количество энергии, чтобы разорвать или изменить химические связи. Напротив, ионизирующее излучение, например, рентгеновские лучи, способно отделить электроны от атомов и молекул, внося изменения, которые могут привести к повреждению ткани и возникновению раковых заболеваний.

Рис. 1: Спектр электромагнитного излучения<sup>4</sup>

Мировая мобильная индустрия признает законную озабоченность общественности и регуляторов по поводу возможных рисков для здоровья человека от воздействия ЭМП РЧ от мобильных сетей и других источников, таких как радиовещание. GSMA поддерживает принятие политики безопасности в отношении электромагнитного излучения радиочастотного диапазона, которая гармонизирована с международными руководствами

по ограничению воздействия МКЗНИ, основана на международных технических стандартах соответствия и доказала свою применимость, обоснованность и эффективность.

Тема воздействия электромагнитного излучения на здоровье была предметом обширных исследований. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)<sup>5</sup> поясняет:

“За последние 30 лет опубликовано около 25 тысяч статей по проблемам биологических эффектов и медицинского применения неионизирующего излучения. Несмотря на то, что некоторые люди считают, что следует и дальше наращивать научные исследования в этой области, на сегодняшний день научные знания в ней гораздо шире, чем знания в отношении большинства химических веществ. На основе недавно проведенного углубленного обзора научной литературы, ВОЗ пришла к выводу о том, что имеющиеся фактические данные не указывают на существование неблагоприятных последствий для здоровья от воздействия электромагнитных полей низких уровней. Однако в знаниях о биологических эффектах имеются определенные пробелы, что вызывает необходимость проведения дальнейших научных исследований.”

Надзор за осуществлением международного проекта ВОЗ по ЭМП осуществляется Международным Консультативным комитетом (МКК), состоящим из членов международных организаций, сотрудничающих с ВОЗ центров и национальных регулирующих органов из всех регионов мира. МКК собирается раз в год для обсуждения национальных мероприятий, текущих исследовательских программ, законодательства и общественных интересов, а

также консультирует международный проект по ЭМП по вопросам, касающимся его деятельности. Россия, как ни странно, не представлена в нем каким-либо государственным учреждением или министерством. Рассмотрение вопроса о представительстве России на заседаниях МКК представляет особую важность.

<https://www.emf-portal.org/en>

<sup>4</sup> [https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2018/07/Health-Booklet\\_2017\\_A4\\_12pp-ENGLISH\\_WEB.pdf](https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2018/07/Health-Booklet_2017_A4_12pp-ENGLISH_WEB.pdf)

<sup>5</sup> <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/en/index1.html>



**Рис. 2:** Растущее число научных публикаций в отношении ЭМП и здоровья человека. Рисунок Используется с разрешения форума Mobile & Wireless<sup>6</sup>



Более **2,900 исследований**,  
посвященных мобильным  
коммуникациям



<sup>6</sup> <https://www.gsma.com/publicpolicy/resources/5g-internet-things-iot-wearable-devices>

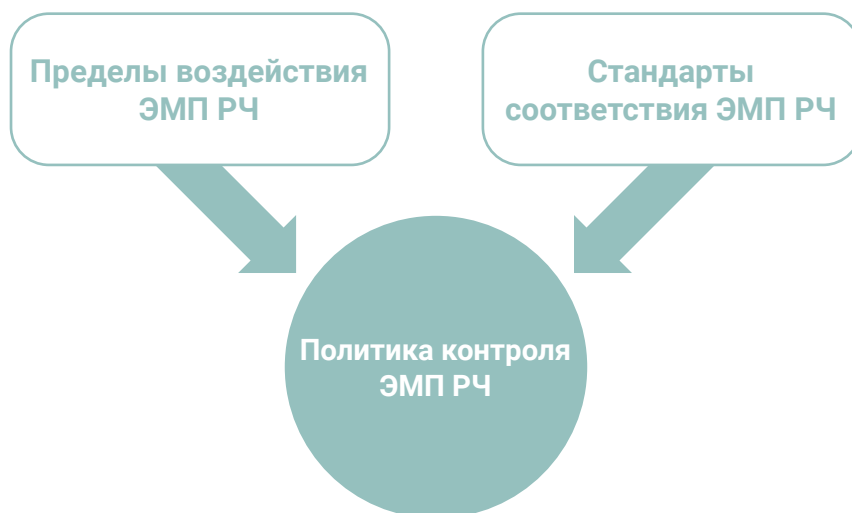
## 4

# Мировое регулирование в отношении соблюдения требований для ЭМП РЧ

Как показано на рис.3, глобальной основой для политики контроля воздействия ЭМП РЧ являются международные руководящие принципы воздействия, устанавливающие допустимые

пределы воздействия на человека и международные технические стандарты, предусматривающие методы оценки соблюдения этих пределов.

**Рис. 3:** Национальная политика в области ЭМП РЧ должна быть гармонизирована с международными ограничениями на воздействие и стандартами соответствия ЭМП РЧ



## 4.1 Международные нормы на воздействие ЭМП РЧ

### 4.1.1 Международные руководящие принципы по воздействию ЭМП РЧ МКЗНИ

Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ)<sup>7</sup> официально признана ВОЗ и Международной организацией труда (МОТ) в качестве сотрудничающей неправительственной организации (НПО). МКЗНИ также сотрудничает с Европейской комиссией и связана со многими организациями, занимающимися защитой от неионизирующего излучения (НИИ) во всем мире. МКЗНИ занимается разработкой руководств по ограничению воздействия на человека ЭМП в диапазоне частот от 0 до 300 ГГц.

Актуальные в настоящее время международные руководящие принципы МКЗНИ, применимые к частотам, используемым для мобильной связи, были опубликованы МКЗНИ в 1998<sup>8</sup> году и пересматривались в 2009<sup>9</sup> и 2017<sup>10</sup> годах. Руководящие принципы МКЗНИ (1998) являются основой для Рекомендации 1999/519/ЕС<sup>11</sup> Европейского совета, а Международный союз электросвязи (МСЭ)<sup>12</sup> рекомендует принимать эти ограничения там, где не существует национальных ограничений. ВОЗ рассматривает ограничения МКЗНИ как достаточные для защиты здоровья человека<sup>13</sup>:

*Основной вывод из обзоров ВОЗ заключается в том, что воздействие от ЭМП, имеющими уровни ниже пределов, рекомендованных в международных руководящих принципах МКЗНИ, по-видимому, не несет каких-либо известных последствий для здоровья.*

При разработке предельных значений МКЗНИ

определила пороговое воздействие, которое вызывает неблагоприятные последствия для здоровья. Понижающие коэффициенты (коэффициенты запаса) применялись к пороговым значениям для установки консервативных предельных значений. МКЗНИ пришла к выводу, что все установленные неблагоприятные последствия для здоровья могут быть связаны с повышением температуры в тканях, поэтому ограничения для нагрева всего тела или локальных участков (локального нагрева) являются фундаментальной основой для руководящих принципов ICNIRP на частотах мобильной связи. Дополнительные сведения приведены в разделе 9.3.

МКЗНИ утверждает, что целью данных руководящих принципов по ограничению воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона является:

*‘...обеспечить высокий уровень защиты всего населения от подтвержденных неблагоприятных последствий для здоровья от прямого кратковременного и длительного немедицинского воздействия постоянных и непостоянных ЭМП РЧ.’*

МКЗНИ<sup>14</sup> непрерывно пересматривает новые научные данные и предлагает соответствующие изменения при их подтверждении. В 2018 году МКЗНИ начала публичные консультации по вопросу пересмотра руководящих принципов для частот от 100 кГц до 300 ГГц, где было предложено сохранить многие относящиеся к мобильной связи ограничения из существующих.

*Окончательные обновленные руководящие принципы МКЗНИ были опубликованы в марте 2020 года. В обновленных данных нет никаких существенных изменений в базовых уровнях, которые применяются к базовым станциям мобильной связи или устройствам до 6 ГГц. Были разработаны новые локальные ограничения для устройств, работающих на частоте > 6 ГГц. При этом ограничения для ЭМП РЧ для населения в диапазонах ниже и выше 6 ГГц остались без изменений.*

<sup>7</sup> <https://www.icnirp.org/en/home/index.html>

<sup>8</sup> <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPStatementEMF.pdf>

<sup>10</sup> <https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/revision-of-hf-guidelines-2017.html>

<sup>11</sup> <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9509b04f-1df0-4221-bfa2-c7af77975556/language-en>

<sup>12</sup> <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-201801-1/en>

<sup>13</sup> <https://www.who.int/peh-emf/standards/en/>

<sup>14</sup> <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>

## 4.1.2 ВОЗ и МСЭ поддерживают гармонизацию ограничения пределов воздействия радиочастотных ЭМП

ВОЗ и МСЭ поддерживают принятие гармонизированных пределов ЭМП РЧ на основе международных руководящих принципов МКЗНИ.

*‘ВОЗ поощряет установление пределов воздействия и другие меры контроля, обеспечивающие одинаковый или аналогичный уровень защиты здоровья для всех людей. Она одобряет руководящие принципы Международной комиссии по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ) и призывает государства-члены принять эти международные руководящие принципы.’*

- Всемирная организация здравоохранения<sup>15</sup>

*‘Ограничения воздействия ЭМП, которые являются более строгими, чем рекомендации МКЗНИ или IEEE,*

*негативно влияют на все потенциальные рычаги для развития беспроводной инфраструктуры и развертывания 5G: спектр, технологию (определение спектральной эффективности) и топологию сети (количество узлов и секторов).’*

- Международный союз электросвязи<sup>16</sup>

В Европейском Союзе государства-члены несут основную ответственность за общественное здравоохранение, поэтому ограничения для ЭМП РЧ на основе МКЗНИ для населения носят рекомендательный характер<sup>17</sup>, в то время как нормы для рабочих мест являются обязательными<sup>18</sup>.

## 4.1.3 Тенденции к гармонизации пределов воздействия для ЭМП РЧ

Как видно из рисунка 4, руководящие принципы МКЗНИ в отношении антенн мобильных сетей<sup>19</sup> широко применяются в Европе, Африке, Азии и Латинской Америке. В Северной Америке используется аналогичный стандарт для регулирования воздействия мобильных сетей. На карте показано в общей сложности 132 страны, применяющих ограничения МКЗНИ, 11 стран следуют ограничениям Федеральной комиссии по связи (FCC) 1996 года<sup>20</sup>, а 36 стран имеют другие ограничения, между этими странами существует много различий в предельных значениях уровней ЭМП РЧ и их применении.

Международный Комитет IEEE по электромагнитной безопасности (ICES) также выпускает международные стандарты безопасности ЭМП, последняя версия которых была пересмотрена для ЭМП РЧ и опубликована в конце 2019 года<sup>21</sup> и

согласуется для большинства предельных значений в отношении средств подвижной связи со значениями пределов МКЗНИ<sup>22</sup>.

Как показано в Таблице 1, некоторые страны перешли от более жестких пределов к международным предельным значениям. Новая Зеландия и Австралия внесли изменения после того, как определили, что научная основа руководящих принципов ICNIRP была более надежной, чем их ранее существовавшие стандарты; Чешская Республика, Словакия, Венгрия и Северная Македония внесли изменения в рамках обсуждения с Европейским Союзом вопроса о согласовании правил. Польша и Литва внесли изменения, признав, что существующие пределы не предоставляли никакой дополнительной пользы для здоровья и являлись препятствием для успешного развертывания 5G.

<sup>15</sup> Система разработки стандартов для ЭМП с учетом влияния на здоровье человека, WHO, 2006.

<sup>16</sup> Влияние более строгих в отличие от руководящих принципов МКЗНИ или IEEE допустимых уровней воздействия ЭМП РЧ на развертывание мобильных сетей 4G и 5G. ITU-T K.Supplement 14. May 2018. (Руководящие принципы IEEE аналогичны руководящим принципам МКЗНИ).

<sup>17</sup> Рекомендация Совета от 12 июля 1999г. по ограничению воздействия электромагнитных полей (от 0 Гц до 200 ГГц) на население (1999/519/EC)..

<sup>18</sup> Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2013/35/EC от 26 июня 2013 г. о минимальных требованиях безопасности для работников в отношении рисков, связанных с физическим воздействием (электромагнитные поля) (20-я отдельная Директива в значении Статьи 16(1) Директивы 89/391/ЕЭС), и об отмене Директивы 2004/40/EC.

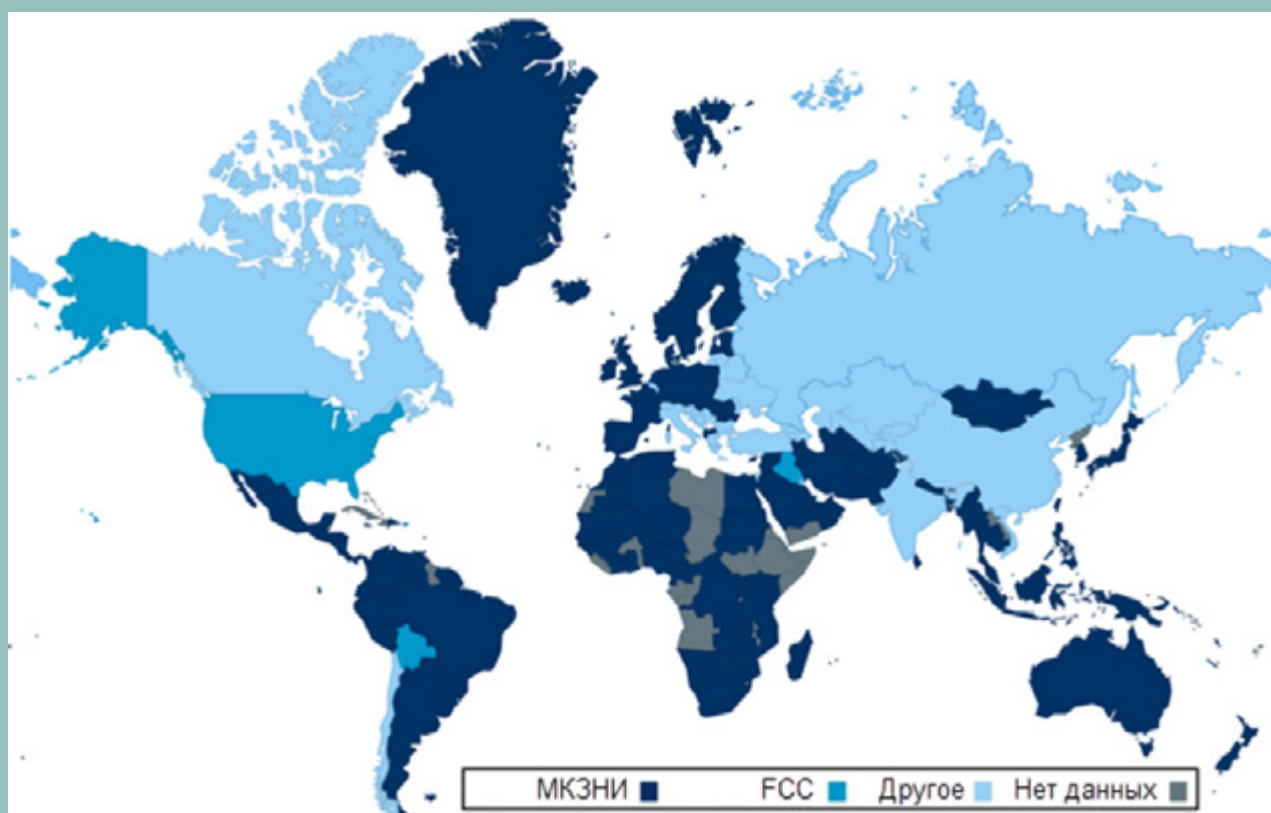
<sup>19</sup> В данном отчете основное внимание уделяется ограничениям на воздействие от сети. Для мобильных устройств международный предел ниже 6/10 ГГц выражен в терминах удельной скорости поглощения (SAR) с пределом 2 Вт/кг для населения, усредненным по 10 г ткани. Выше этой частоты международный предел основан на плотности поглощенной мощности, и это будет актуально для устройств 5G, работающих в диапазонах FR2. Гармонизация предельных уровней на мобильные устройства также должна быть рассмотрена в рамках подготовки к развертыванию 5G.

<sup>20</sup> В декабре 2019 года FCC подтвердила, что сохранит существующие лимиты

<sup>21</sup> IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz, IEEE International Committee on Electromagnetic Safety, IEEE Std C95.1-2019 (Revision of IEEE Std C95.1-2005/ Incorporates IEEE Std C95.1-2019/Cor 1-2019), 1-312, 2019.

<sup>22</sup> Системы связи 5G и предельно допустимые уровни радиочастотного воздействия, Foster et al., IEEE Future Networks Tech Focus, 3(2), Сентябрь 2019.

**Рис. 4:** Уровни воздействия ЭМП РЧ на население, применимые к мобильным сетям. Дата последнего обновления: 12 февраля 2020 года. (Примечание: поскольку данная карта использует только один цвет для категории “Другие”, существует много различий между этими странами в предельных значениях и их применении)<sup>23</sup>



**Таблица 1:** отдельные страны, которые перешли на международные уровни ограничений (МКЗНИ) по воздействию на население

Страна	Первоначальное значение предела (>2 ГГц) Вт/м <sup>2</sup>	Год перехода на международные уровни	Международный уровень (>2 ГГц) Вт/м <sup>2</sup>
Новая Зеландия	2.0	1999	10
Чешская респ	0.05	2000	10
Австралия	2.0	2003	10
Словакия	0.1	2004	10
Венгрия	0.1	2004	10
Сев. Македония	2.0	2014	10
Польша	0.1	2020	10
Литва	1.0 (0.1 до 2015)	2020	10

Примечание: основное значение предела воздействия на окружающую среду для России составляет 0,1 Вт/м<sup>2</sup> (см. раздел 5.2).

<sup>23</sup> Адаптировано из <https://www.gsma.com/publicpolicy/consumer-affairs/emf-and-health/emf-policy>

#### 4.1.4 Предшествующие исследования влияния излишне ограничивающих значений пределов для РЧ ЭМП

В таблице 2 представлено краткое резюме предшествующих исследований, в которых изучалось, как излишне строгие ограничения для ЭМП РЧ влияют на развертывание сетей мобильной связи 4G и 5G. Исследования, обобщенные в таблице 2, показывают, что такие ограничения влияют на мобильные сети 4G и 5G и приводят к следующим ситуациям:



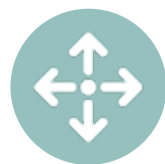
Для формирования равной по величине зоны обслуживания потребуется большее количество антенн



Размещение антенн на одной точке становится непрактичным



Покрытие внутри зданий ухудшается



Становится невозможным достижение полной потенциальной емкости сайта при его развертывании



Задержки развертывания, увеличение затрат

Практический опыт негативного воздействия на 5G при введении излишне жестких ограничений для ЭМП РЧ в отдельных странах приведен в разделе 4.1.4.1.

**Таблица 2:** 2 Предшествующие исследования влияния излишне жестких ограничений для ЭМП РЧ при развертывании сетей 5G

Страна	Предел (Вт/м <sup>2</sup> )	Основные выводы	Источник
Международные	10*	'...там, где ограничения на уровни ЭМП РЧ являются более строгими, чем рекомендации МКЗНИ или IEEE, наращивание пропускной способности сети (как 4G, так и 5G) может быть серьезно ограничено и не позволит удовлетворить растущий спрос на трафик данных и запустить новые услуги в существующих мобильных сетях.'	ITU-T (2018) <sup>25</sup>
Бельгия	0.095	'Чем ближе вы приближаетесь к европейскому стандарту [МКЗНИ], тем больше будут гарантированы емкость и качество мобильных сетей, а, в свою очередь, также улучшит условия для конечных пользователей'	BIPT (2018) <sup>26</sup>
Италия	0.1	В среднем 62% сайтов недоступны для добавления в них 5G, это приведет к +3,86 млрд евро в течение 10 лет к стоимости развертывания по сравнению с использованием пределов МКЗНИ	Capone (2019) <sup>27</sup>
Польша	0.1	'...ограничение на воздействия электромагнитных полей в общественных местах не позволяет вводить в эксплуатацию дополнительные радиостанции ...'	Ministry of Digital Affairs (2018) <sup>28</sup>
Швейцария	0.095**	Развертывание сетей 5G с существующими ограничениями потребует 26 500 новых сайтов плюс модификации 5000 существующих. Это займет 20-30 лет для достижения качества обслуживания 5G	Working Group Mobile Telephony and Radiation (2019) <sup>29</sup>

\* Ограничение МКЗНИ в диапазоне частот выше 2ГГц, ограничение на 900 МГц – 4.5 Вт/м<sup>2</sup>  
 \*\* Предел для эквивалентной плотности мощности на 900 МГц, предел варьируется от 4-6 в/м в зависимости от частоты

<sup>24</sup> Для целей сравнения предел преобразован в эквивалентную плотность мощности.

<sup>25</sup> Влияние более жестких по сравнению с рекомендуемыми IEEE и МКЗНИ предельно допустимых уровней воздействия РЧ ЭМП на развертывание мобильных сетей 4G и 5G. ITU-T K Supplement 14. Май 2018.

<sup>26</sup> Исследование от 12 сентября 2018 года о влиянии норм на излучение в Брюсселе на развертывание мобильных сетей. BIPT. 22 Октябрь 2018.

<sup>27</sup> Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici e sviluppo reti 5G. Professor Antonio Capone presentation to the Camera dei Deputati, IX Commissione, 9 April 2019

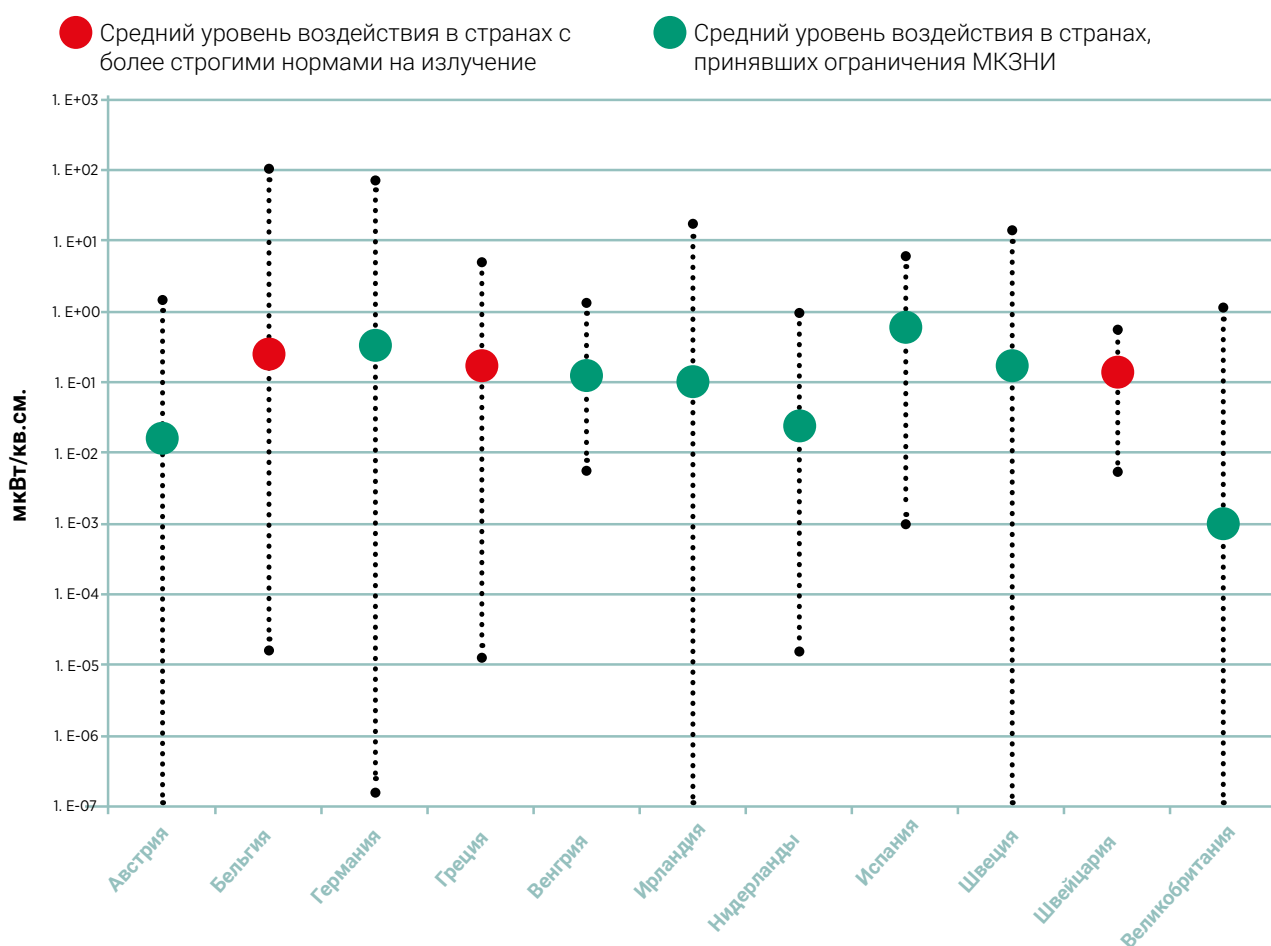
<sup>28</sup> Strategia 5G dla Polski [Strategia 5G dla Polski]. Ministerstwo Cyfryzacji [Polish Ministry of Digital Affairs]. 5 January 2018.

<sup>29</sup> Mobile telephony and radiation. Working Group Mobile telephony and radiation on behalf of DE TEC. 18 November 2019. Available in French and German, summary in English.

Анализ, проведенный Румынией, показывает, что ограничения более строгие, чем международные, означают, что для достижения эквивалентного внешнего покрытия требуется больше антенн, а покрытие внутри помещений сокращается (Nițu, 2015<sup>30</sup>). Меры предосторожности, такие как принятие излишне жестких пределов для ЭМП РЧ, также связаны с повышением обеспокоенности общественности (Boehmert et al., 2019<sup>31</sup>).

Как видно на рис. 5, реальные уровни воздействия ЭМП РЧ в странах с более строгими в сравнении с МКЗНИ пределами не отличаются от показателей в странах с МКЗНИ, что является доказательством того, что более строгие ограничения по факту не снижают уровни воздействия на население<sup>32</sup>. Разница в измеренных значениях ЭМП между странами гораздо меньше, чем вариативность норм на воздействие от ЭМП РЧ в этих странах.

**Рис. 5:** Диапазон значений ЭМП РЧ от мобильных сетей в европейских странах с более жесткими пределами (красные кружки) не отличается от стран с пределами МКЗНИ (зеленые кружки). Кружки обозначают средние уровни ЭМП, а пунктирные линии-диапазон измеряемых величин от минимума до максимума.



Анализ измеренных уровней ЭМП РЧ в европейских странах<sup>33</sup> с более жесткими по сравнению с международными нормами и нормами МКЗНИ не выявил явных различий в измеренных уровнях ЭМП РЧ. Таким образом, наличие более жестких ограничений на воздействие ЭМП РЧ не означают более низких уровней воздействия на население.

<sup>30</sup> The impact of EMF exposure limits reduction on an existing UMTS network, Nițu, University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin, Series C, 77(3):123-134, 2015.

<sup>31</sup> A systematic review of health risk communication about EMFs from wireless technologies, Boehmert et al., Journal of Risk Research, Published online: 20 April 2019.

<sup>32</sup> Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations, Rowley et al., Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 22(3):304-315, May/June 2012.

<sup>33</sup> Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure in Everyday Microenvironments in Europe: A Systematic Literature Review. Sagar et al., Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 28(2):147-60. March 2018 (<http://dx.doi.org/10.1038/jes.2017.13>) and Public Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in Everyday Microenvironments: An Updated Systematic Review for Europe. Jalilian et al., Environmental Research, 176:108517. September 2019 (<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.048>).

## 4.1.5 Развертывание сетей 5G в странах с более жесткими нормами на воздействие ЭМП РЧ

Ниже приведено краткое резюме по ситуации с развертыванием 5G в некоторых европейских странах с более жесткими ограничениями для ЭМП РЧ.

### 4.1.5.1 Брюссель, Бельгия

Предельные значения для ЭМП РЧ в Бельгии в различных регионах отличаются (Брюссель, Фландрия и Валлония) после решения Конституционного суда в 2009 году. Испытания 5G ведутся во Фландрии и Валлонии, но не в Брюсселе, который имеет самые жесткие пределы. В докладе за 2018 год (см. таблицу 2) Федерального бельгийского института почтовых услуг и телекоммуникаций (BIPT) был сделан вывод о том, что нынешние ограничения уменьшают покрытие 4G внутри помещений и препятствуют использованию дополнительных частот для увеличения пропускной способности. Для того, чтобы развернуть сети 5G, BIPT рекомендует принятие норм МКЗНИ. Эта рекомендация пока до сих пор не принята. В Бельгии этот вопрос еще более

осложняется политическими спорами с бельгийским межправительственным Консультативным комитетом, который не смог договориться о распределении средств от запланированного аукциона на получение лицензий на спектр для 5G, поэтому коммерческое развертывание сетей 5G в настоящее время приостановлено.

В январе 2020 года BIPT<sup>34</sup> предложил временно выделить операторам 5G-спектр в диапазоне 3,4-3,8 ГГц до завершения аукциона по продаже спектра. Этим займутся операторы. 1 апреля один оператор запустил услугу 5G "light" в 30 муниципалитетах Бельгии, но не в Брюсселе<sup>35</sup>, поскольку "чрезмерно строгие стандарты на излучение делают такое развертывание невозможным."

### 4.1.5.2 Швейцария

Регулирование в Швейцарии осуществляется с применением предельных значений МКЗНИ, которые применяются к общему уровню воздействия, а также предельных значений для особых мест установки, которые примерно в 100 раз ниже международных предельных значений. Эти значения применяются к таким местам, как жилые комнаты и детские площадки, где люди проводят длительное время. Анализ PwC<sup>36</sup> (ведущая аудиторско-консалтинговая компания в Швейцарии) показал, что затраты на развертывание в Швейцарии на 40-110% выше, треть дополнительных затрат связаны с соблюдением жестких ограничений для особых мест установки. Швейцарские операторы обеспокоены тем, что эти ограничения влияют на пропускную способность существующих мобильных сетей и создают значительные проблемы для развертывания сетей 5G, поскольку только 2% существующих сайтов могут быть использованы для высокопроизводительного развертывания 5G. Нынешнее развертывание 5G компанией Swisscom<sup>37</sup> с использованием спектра в диапазоне 3,5 ГГц различается между 5G Fast, 360

сайтов с полосой 100 МГц и 5G Wide, сайты с полосой 5 МГц, обеспечивающие 90% охват населения.

Чтобы найти решение, в 2018 году Федеральное управление по окружающей среде (FOEN) создало рабочую группу с участием представителей правительства, промышленности и граждан для анализа "рисков, связанных с кратковременными и долговременными воздействиями ЭМП РЧ" с особым акцентом на 5G. Доклад рабочей группы был опубликован в ноябре 2019 года (см. таблицу 2) и представляет пять опций, поскольку консенсус не был достигнут. Вариант сохранения нынешних более жестких швейцарских ограничений означал бы строительство примерно 26 000 дополнительных антенных площадок и модернизацию около 5000 существующих установок. Согласно расчетам в отчете, это потребует около €7 млрд капзатрат и €1,9 млрд операционных расходов в течение пяти лет. Кроме того, потребуется 20-30 лет, чтобы создать высококачественное общенациональное покрытие 5G. Швейцарское правительство теперь должно

<sup>34</sup> <https://www.bipt.be/operators/publication/the-bipt-suggests-a-temporary-solution-allowing-the-introduction-of-5g-and-ensuring-the-continuity-of-2g-and-3g-rights>

<sup>35</sup> [https://www.rtbf.be/info/societe/detail\\_proximus-va-lancer-une-5g-light-les-anti-5g-grincent-des-dents?id=10471575](https://www.rtbf.be/info/societe/detail_proximus-va-lancer-une-5g-light-les-anti-5g-grincent-des-dents?id=10471575)

<sup>36</sup> *Mobile network cost study: Analysis of cost drivers related to the construction, operation and maintenance of mobile networks.* PwC. 4 September 2013.

<sup>37</sup> По информации на февраль 2020г.



решить, как реагировать на доклад, а тем временем операторы мобильной связи развертывают 5G, где они могут получить разрешение на использование антенн.

В январе 2020 года Швейцарское федеральное управление по охране окружающей среды<sup>38</sup> сообщило кантонам, что до завершения

разработки технического регламента оценки smart антенн разрешения на использование антенн могут выдаваться на основе консервативных предположений о максимальной мощности объекта и максимальном коэффициенте усиления антенны.

## 4.2 Международные стандарты соответствия для ЭМП РЧ

Существуют два основных международных технических комитета, работающих над стандартами оценки воздействия ЭМП РЧ:

- Технический комитет 106 (TC106) Международной электротехнической комиссии (МЭК) и
- Сектор стандартизации Международного союза электросвязи (МСЭ-Т) исследовательская комиссия 5 (ИК5)

Данные комитеты работают в непосредственном сотрудничестве при разработке подходов к оценке воздействия ЭМП РЧ. В Европе (и других странах) региональные или национальные органы стандартизации обычно принимают технические стандарты МЭК. Стандарты МСЭ более популярны в Африке, некоторых частях Азии и Латинской Америки.

### 4.2.1 МЭК TC106

Роль технического комитета МЭК TC106 заключается в подготовке международных стандартов по методам измерений и расчетов для оценки воздействия на человека электрических, магнитных и электромагнитных полей (от 0 Гц до 300 ГГц). TC106 разработал два важных документа для соответствия базовых станций:

**IEC 62232:2017, Edition 2.0:** Определение напряженности радиочастотного поля, плотности мощности и SAR вблизи базовых станций радиосвязи с целью оценки воздействия на человека.

Данный стандарт МЭК содержит методы, которые могут быть использованы для оценки соответствия продукции или оборудования в местах их установки. Он был принят в качестве основы для оценки соответствия базовых станций в Европейском Союзе<sup>39</sup>.

**IEC TR 62669:2019, Edition 2.0:** Сценарии использования для МЭК 62232-определение

напряженности радиочастотного поля, плотности мощности и SAR вблизи базовых станций радиосвязи с целью оценки воздействия на человека.

Данный технический отчет представляет собой ряд сценариев использования, в которых воздействие ЭМП РЧ оценивается в соответствии со стандартом IEC 62232:2017. Кроме того, в нем содержатся предпосылки и обоснование для применения подхода оценки соответствия, основанного на фактической максимальной передаваемой мощности или эффективной изотропной излучаемой мощности (ЭИИМ). Подробнее об этом приводится в разделе 4.3.

<sup>38</sup> Information about adaptive antennas and 5G (approval and measurement). Federal Department of Environment, transport, energy and communications and Federal Office for the Environment. 31 January 2019. (in German).

<sup>39</sup> Commission communication in the framework of the implementation of Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity and Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC. Official Journal of the European Union. C 389/68-97. 17 November 2017.

## 4.2.2 ITU-T SG5

ИК5 МСЭ-Т также разрабатывает стандарты (Рекомендации МСЭ) для оценки ЭМП РЧ базовых станций посредством расчета или измерения, которые соотносятся с аналогичными документами МЭК:

**ITU-T K.52:** Руководство по соответствию предельным уровням воздействия электромагнитных полей на человека.

В данной Рекомендации представлены общие рекомендации, метод расчета и процедура оценки мест установки антенн. В ней также содержится рекомендация к использованию пределов, указанных в МКЗНИ в отсутствие значений, принятых на национальном уровне.

**ITU-T K.61:** Руководство по измерению и численному прогнозу электромагнитных полей установок электросвязи на соответствие пределам воздействия на человека.

Руководство по методам измерений, которые могут быть использованы для оценки соответствия и выбора численных методов, пригодных для прогнозирования воздействия в различных ситуациях.

**ITU-T K.100:** Измерение радиочастотных электромагнитных полей для определения соблюдения требований о минимальных уровнях воздействия на человека при введении в эксплуатацию базовой станции.

Информация о методах измерения и процедурах оценки соответствия пределов воздействия электромагнитного поля (ЭМП) на население при вводе в эксплуатацию новой базовой станции (БС) и критериях для излучаемой мощности и места установки антенны для упрощенных оценок.

**ITU-T K Suppl. 14:** Влияние предельно допустимых уровней воздействия ЭМП РЧ более строгих по сравнению с уровнями, указанными МКЗНИ или IEEE, на развертывание мобильных сетей 4G и 5G.

Обзор некоторых проблем, с которыми сталкиваются страны, регионы и города, установившие более жесткие ограничения, чем те, которые содержатся в руководящих принципах МКЗНИ или IEEE ICES, и готовящиеся к развертыванию инфраструктуры 4G или 5G.

**ITU-T K Suppl. 16:** Оценка соответствия воздействия ЭМП РЧ для беспроводных сетей 5G.

Руководство по оценке соответствия ЭМП РЧ для беспроводных сетей 5G основано главным образом на вариантах численной оценки и оценках тестовых сетей.

## 4.3 Оценка соответствия ЭМП РЧ smart антенн

Мониторинг мощности базовых станций на выходе с помощью сетевых счетчиков и полевых измерений показывает, что базовые станции редко работают на своих теоретических максимальных мощностях<sup>40,41</sup>. Более высокая точность в оценках ЭМП РЧ может быть достигнута путем использования информации о текущем трафике, передаваемом сайтом, для определения соответствующей мощности передачи, которая будет использоваться в оценках.

В случае с 5G характеристики системы (например, режим TDD) и интеллектуальные антенны (адаптивные антенные системы- AAC), использующие массивы MIMO, приводят к изменению усредненного по времени уровня воздействия в любой точке.

В случае использования массивов MIMO антенна одновременно формирует ряд узких лучей, которые нацеливаются на устройства, чтобы эффективно использовать радиоресурсы. Это приводит к области соответствия, которая более точно представляется статистическим распределением.

Также это приводит к уменьшению усредненного по времени уровня воздействия, таким образом, воздействие от сетей 4G и 5G, по оценкам, будет одинаковым. Это показано в таблице 3, которая была взята из отчета ANFR<sup>42</sup> (французского радиочастотного агентства).

**Таблица 3:** Уровни воздействия РЧ ЭМП сетей 5G в сравнении с существующими технологиями мобильной связи

4G	Типовое	Ожидаемое в будущем	5G	Нижнее значение	Верхнее значение
<b>Мощность</b>	60 Вт	160 Вт	<b>Мощность</b>	80 Вт	200 Вт
<b>Коэффициент усиления антенны</b>	18 дБи	18 дБи	<b>Коэффициент усиления антенны</b>	24 дБи	24 дБи
<b>Ослабление (6 минут)</b>	-4 дБ	-4 дБ	<b>Ослабление (6 минут)</b>	-13.5 дБ	-13.5 дБ
<b>Стекло</b>	-2 дБ	-2 дБ	<b>Стекло</b>	-2 дБ	-2 дБ
			<b>TDD</b>	-1.25 дБ	-1.25 дБ
<b>Напряженность электрического поля (100м)</b>	<b>1.7 В/м</b>	<b>2.8 В/м</b>	<b>Напряженность электрического поля (100м)</b>	<b>1.1 В/м</b>	<b>1.8 В/м</b>

Примечание: основываясь на данных пилотных измерений 5G, ANFR оценило, что антенна 5G передает в определенном направлении только около 15 секунд в течение 6 минутного интервала (это составляет около 4% времени), что дает коэффициент ослабления -13,5 дБ. Режим TDD в 5G с 75% временем работы линии «вниз» дает ослабление -1,25 дБ. Для LTE ослабление за счет управления трафиком и мощностью составляет -4 дБ. ANFR допускает использование величины затухания стекла -2 дБ на один стеклопакет.

<sup>40</sup> Downlink power distributions for 2G and 3G mobile communication networks, Colombi et al., Radiation Protection Dosimetry, 157(4):477-487, December 2013.

<sup>41</sup> Measurements of downlink power level distributions in LTE networks, Colombi et al., 2013 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), 98-101, 9-13 Sept. 2013.

<sup>42</sup> Таблица 10 in Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G. Volet 2: premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G dans la bande 3400-3800 MHz]. ANFR. April 2020. Available at <https://www.anfr.fr/toutes-les-actualites/actualites/ianfr-publie-un-rapport-de-mesures-sur-l'exposition-aux-ondes-des-experimentations-5g-et-presente-un-nouvel-indicateur-de-mesure-de-l'exposition/>

В недавнем исследовании<sup>43</sup> было смоделировано требуемое количество антенн и уровни воздействия на линии «вниз» для пригородной зоны г.Гент, Бельгия, для базового случая покрытия сетью 4G LTE из 75 базовых станций, работающих на 2,6 ГГц без MIMO, в сравнении с сетью 5G, работающей в диапазоне 3,7 ГГц и использующей massive MIMO антенны. Большее количество элементов антенны базовой станции приводит к уменьшению количества сайтов. Оптимальная сеть 5G с использованием massive MIMO антенн была получена с использованием 37 сайтов с 64-элементными антеннами. Кроме того, воздействие на линии «вниз» от сети 5G было в пять раз ниже, чем в эталоне сети 4G.

Раздел 13 стандарта МЭК TR 62669: 2019 описывает общий подход к определению фактической максимальной усредненной по времени мощности передатчика и его применение для оценки соответствия базовых станций, которые могут применяться к антеннам как с фиксированным, так и с перенацеливаемым лучом. По существу, оператор использует сетевые счетчики (или другие методы) для определения фактической максимальной передаваемой мощности (которая меньше теоретического максимума). Фактическая максимальная передаваемая мощность может быть использована для определения границы соответствия при условии, что имеются средства контроля, гарантирующие, что порог не будет превышен при использовании усреднения по времени. Этот подход будет включен в следующий этап обновления для IEC62232 и более подробно описан в разделе 9.5. Более подробно см. в Приложении 9.5.

## 4.4 Положительная практика оценки соответствия ЭМП РЧ

Международные технические стандарты (см. раздел 4.2) содержат информацию о методах оценки соответствия требованиям ЭМП РЧ мобильных сетей. Эти стандарты регулярно пересматриваются и обновляются с учетом новых изменений в требованиях к оценке пределов воздействия или в технологии, подлежащей оценке. Там, где это допускается по закону, лучше принять эти стандарты посредством ссылки, чем включать технические детали в тексты национальных правил. Это даст

гарантию в том, что новые методы оценки ЭМП РЧ будут доступны быстрее, чем это было бы возможно при необходимости обновления сложных нормативных актов.

Дополнительные примеры положительной практики кратко изложены в этом разделе.

### 4.4.1 Самостоятельное декларирование соответствия операторов сайтов и уведомления

Соблюдение пределов воздействия для ЭМП РЧ является обязанностью оператора сотовой связи, а основанием записи результатов оценки этого соответствия должно служить самостоятельное декларирование оператора о соответствии. Оператор мобильной связи оценивает соответствие (путем расчета или измерений) и декларирует соблюдение

установленных пределов. Декларация может быть представлена в качестве уведомления в рамках процесса согласования установки антенны или может быть представлена в центральный орган. ISO/IEC 17050-1<sup>44</sup> и ISO / IEC 17050-2<sup>45</sup> содержат общие требования и требования к сопроводительной документации для декларации соответствия поставщика.

<sup>43</sup> Multi-Objective Optimization of Massive MIMO 5G Wireless Networks towards Power Consumption, Uplink and Downlink Exposure, Matalatala et al., Applied Sciences, 9(22):4974, Published: 19 November 2019 (<https://doi.org/10.3390/app9224974>)

<sup>44</sup> ISO/IEC 17050-1:2004 Conformity assessment — Supplier's declaration of conformity — Part 1: General requirements

<sup>45</sup> ISO/IEC 17050-2:2004 Conformity assessment — Supplier's declaration of conformity — Part 2: Supporting documentation

Оценка воздействия ЭМП РЧ требует специальных технических навыков и оборудования соответствующего уровня. Оценка должна проводиться только лицами или организациями, которые обладают такими возможностями. Это может быть персонал оператора или сторонний подрядчик, если их независимость и компетентность

надлежащим образом обеспечиваются соответствующими административными процедурами, как, например, указано в стандарте ISO 9000 по управлению качеством и обеспечению качества<sup>46</sup>.

Пример: Великобритания - «Code of Best Practice on Mobile Network Development in England».

#### 4.4.2 Методы оценки, основывающиеся на международных технических стандартах

Использование международных технических стандартов при оценке соответствия ЭМП РЧ гарантирует точность и реалистичность полученных результатов, а также позволяет избежать завышения оценок области соответствия. В данном контексте точность включает использование фактических параметров оборудования, а не консервативных предположений (см. раздел 4.4.3), а реалистичность включает рассмотрение фактических максимальных усредненных по времени выходных мощностей для установленного оборудования. Международные технические стандарты предусматривают целый ряд методов для достижения этих целей. Например, стандарт МЭК 62232<sup>47</sup> предлагает подробные методы измерения и расчета для оценки воздействия ЭМП РЧ вблизи мест установки антенн мобильной сети и малых сот. Тема погрешностей рассматривается в разделе 4.4.4.

Международные руководящие принципы включают как контролируемые уровни, так и основные ограничения, такие как SAR (см. раздел 9.3). Тестирование по SAR обычно используется для оценки соответствия ЭМП РЧ безопасности портативных устройств, таких как мобильные телефоны. Это также может быть применимо к объектам базовых станций с учетом публикации практических указаний по этой теме в научной литературе и в последних изданиях стандартов оценки ЭМП РЧ (например, IEC 62232).

Пример: Малайзия - Малазийская комиссия по связи и мультимедиа приняла решение об обязательном стандарте на электромагнитное излучение от инфраструктуры радиосвязи.

#### 4.4.3 Расчетная оценка воздействия ЭМП РЧ

Методы расчета в настоящее время признаны в качестве хорошо зарекомендовавшего себя и надежного способа оценки воздействия ЭМП РЧ. Они особенно хорошо подходят для оценки объектов базовых станций, которые обычно требуют кумулятивной оценки множества антенн, расположенных в труднодоступных для измерений районах. Их применение в последние десятилетия получило дальнейшее развитие благодаря постоянному совершенствованию компьютерной

техники и программного обеспечения для численных расчетов, а также созданию надежных и обширных баз данных о диаграммах направленности антенн. Более того, их применение для оценки ЭМП РЧ было подробно описано в международных стандартах<sup>48,49</sup>. Эти стандартизированные процедуры, как правило, дают уровни воздействия ЭМП РЧ выше, чем те, которые были бы получены путем измерений<sup>50</sup>.

Пример: Австралия - экологические отчеты ARPANSA.

<sup>46</sup> See <https://asq.org/quality-resources/iso-9000>

<sup>47</sup> IEC International Standard 62232 Ed. 2 (2017) 'Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure.'

<sup>48</sup> IEC International Standard 62232 Ed. 2 (2017) 'Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure'

<sup>49</sup> Recommendation ITU-T K.61 (2018) 'Guidance on measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations'

<sup>50</sup> See <https://www.arpansa.gov.au/research/surveys/mobile-phone-base-station-survey/commentary-on-survey-results>

Завышение степени воздействия ЭМП РЧ может неоправданно ограничить территории вокруг базовой станции, затрудняя работу (например, содержание установки кондиционирования воздуха на крыше) и общественное пользование этой территорией. Следующие рекомендации помогут избежать нереалистичные переоценки:

- Используйте наиболее точные 3D- оценки диаграммы направленности антенны. В частности, следует избегать практики применения максимального усиления антенны во всех направлениях.
- Используйте наиболее точные оценки потерь системы (например, потери фидера, коннектора, комбайнера и антенны), а не просто приравнивайте излучаемую антенной мощность

- к мощности передатчика.
- При оценке уровней ЭМП РЧ внутри зданий используйте понижающие коэффициенты для учета ослабления поля стенами/окнами.
- Факторы усиления при отражении от Земли не следует использовать в областях, которые не находятся близко к Земле, например, вокруг приподнятых антенн на отдельно стоящих мачтах.
- В областях, близких к антенне, коэффициент усиления ДНА в дальнем поле формируется не полностью, и поэтому следует применять соответствующие коэффициенты уменьшения ближнего поля.

#### 4.4.4 Учет погрешности

Расчет погрешности при оценке воздействия ЭМП РЧ существенно усовершенствован за последнее десятилетие как для измеренных, так и для расчетных оценок. Правильные расчеты погрешности являются очень полезным показателем для определения и уточнения качества оценки, не сильно влияющим на способ ее проведения. Стандарт МЭК 62232<sup>51</sup> рекомендуется в качестве подробного руководства по расчету погрешности в оценках воздействия ЭМП РЧ и определению допусков для оценок хорошего качества.

*Пример: Швейцария - Технический отчет Федерального бюро метрологии METAS: «Measurement Method for LTE Base Stations»*

Согласно МЭК 62232 допустимая расширенная погрешность составляет 4 дБ или ниже, что считается лучшей практикой в отрасли. Расширенная погрешность для оценки воздействия, используемая для оценки соответствия места установки оборудования, не должна превышать 6 дБ.

При оценке соответствия воздействия предельному уровню в Приложении Е к стандарту МЭК 62232 предлагается определить допустимую погрешность для метода оценки. Если расширенная погрешность меньше целевого значения, то необходимо сравнить эти значения с пределом. Если оно меньше, чем предел, то искомое значение определено.

<sup>51</sup> Международный стандарт IEC 62232 Ed. 2 (2017) «Определение напряженности радиочастотного поля, плотности мощности и SAR вблизи базовых станций радиосвязи с целью оценки воздействия на человека.»

#### 4.4.5 Измерения после ввода в эксплуатацию по технической необходимости

Расчетные инструменты, используемые для оценки пределов соответствия ЭМП РЧ, позволяют провести эту оценку с высокой степенью точности, поэтому обязательного требования по проведению измерений после монтажа всех объектов в рамках ввода объекта в эксплуатацию быть не должно. Оператор мобильной связи может рассмотреть вопрос о необходимости проведения измерений

после установки, когда необходимо проверить рассчитанные границы соответствия или когда изменился какой-либо аспект окружающей среды сайта. Регулирующие органы сохраняют возможность произвольно оценивать соответствие базовой станции, либо проверяя документацию на объекте, либо проводя осмотр объекта и измерения.

*Пример: Австралия – «ACMA EME compliance strategy»*

#### 4.4.6 Переоценка, проводимая в случаях, когда изменения в сайте влияют на уровни ЭМП РЧ в зонах доступа персонала

Сайты базовых станций могут модифицироваться при изменении трафика вызывающего абонента, наличию необходимости улучшения покрытия или пропускной способности и конфигурации соседних сайтов. Сайты могут быть первоначально введены в эксплуатацию с одним передатчиком, а затем модернизированы. Для удобства администрирования должна быть предусмотрена возможность проведения оценки соответствия ЭМП РЧ для конфигурации сайта, которая повлияет на консервативную границу соответствия сайта. Это может включать в себя более высокую мощность передачи или больший наклон антенны, чем предполагалось использовать изначально. При условии, что конфигурация сайта остается в пределах этих predetermined параметров, отдельная оценка для каждой конкретной конфигурации сайта требовать не должна. Только те изменения, которые приводят к увеличению размеров зоны ограничений в зонах доступа персонала, будут

рассматриваться как требующие новой оценки.

Из этого следует, что поскольку объекты базовых станций не изменяются непредсказуемым образом, то не должно быть необходимости в периодической повторной сертификации соответствия посредством оценки или расчета. Операторы сотовой связи должны обеспечить, чтобы посещение объекта в целях технического обслуживания также включало проверку изменений в окружающей среде, которые могут повлиять на соответствие требованиям ЭМП РЧ. Это может включать в себя строительство близлежащих структур, которые могли бы блокировать радиосигналы или изменения в управлении доступом.

*Пример: Австралия – «ACMA EME compliance strategy»*

#### 4.4.7 Пределы воздействия ЭМП РЧ в зависимости от контролируемой зоны доступа

Контролируемая зона доступа – это определенная область вокруг источника радиоизлучения, которая подвергается специальному контролю безопасности для защиты людей, находящихся в этой области, от воздействия ЭМП РЧ, превышающего пределы профессионального облучения. Данный контроль обеспечивает осведомленность людей о возможной опасности со стороны ЭМП РЧ посредством сочетания контроля, инструктажей по информированию, знаков и барьеров вокруг источника радиосигнала, как это определено в правильно составленной Программе радиочастотной безопасности<sup>52</sup>. Использование подхода с

контролируемой зоной доступа рекомендуется для сотрудников базовых станций, где обслуживающему персоналу требуется доступ к зонам, превышающим пределы ЭМП РЧ, установленные для безопасности населения. Рекомендация МСЭ-Т К.145<sup>53</sup> предлагает, чтобы в тех случаях, когда персонал владеет информацией по безопасности и управлению рисками облучения ЭМП РЧ, он мог подвергаться воздействию, соответствующему уровням профессионального облучения.

*Пример: Канада – Техническое руководство Министерства здравоохранения Канады, Код безопасности 6: Требованиям к уровням радиочастотного воздействия в здравоохранении Канады*

<sup>52</sup> Стандарт IEEE C95.7 (2014) «Рекомендуемая IEEE практика для программ радиочастотной безопасности, от 3 кГц до 300 ГГц.»

<sup>53</sup> Рекомендация МСЭ-Т К.145. Оценка и контроль соблюдения предельных значений воздействия радиочастотного электромагнитного поля на сотрудников объектов и сооружений радиосвязи. Ноябрь 2019.

#### 4.4.8 Упрощенные критерии и типовые случаи для оценки базовых станций

Соответствие уровням большого количества базовых станций можно просто оценить, изучив некоторые ключевые характеристики места их установки, не прибегая к более сложным и дорогостоящим оценкам. Применение такого подхода к классификации мест описано в международных стандартах МСЭ-Т К.100 и МЭК 62232 (см. Раздел 4.2). В этом подходе используется информация об э.и.и.м. передатчика и характеристиках устанавливаемой антенны, таких как высота монтажа, направление основного лепестка и расстояние до других объектов окружающей среды, чтобы обеспечить упрощение процедуры оценки для определения соответствия предельным значениям.

Подходы к предварительной оценке должны быть разрешены для мест установки базовых станций, имеющих эквивалентную конфигурацию.

Типовые испытания - это применение общей оценки воздействия ЭМП РЧ к группе источников радиоизлучения, имеющих одинаковые конструкционные характеристики и характеристики воздействия ЭМП РЧ<sup>54</sup>. Этот подход обычно используется для портативных радиочастотных устройств, таких как мобильные телефоны и планшеты, и обеспечивает очевидное и разумное сокращение усилий по соблюдению требований. Типовые испытания могут и должны также применяться на местах установки базовых станций для простых и стандартизированных установок (например, с использованием небольших одиночных антенн), обычно используемых для покрытия внутри зданий и малых сот.

*Пример: Австралия – «ARPANSA Radiation Protection Series No. 3 - Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields - 3 kHz to 300 GHz»*

#### 4.4.9 Процедуры согласования для контроля соответствия ЭМП РЧ для совместно используемых сайтов

Антенны базовых станций могут располагаться в одном и том же месте. Эти места могут быть общей вышкой радиосвязи или структурой, принадлежащей третьей стороне. Процедуры контроля соответствия ЭМП РЧ для совместно используемых сайтов должны быть согласованы. Они могут разрабатываться при участии ответственных органов, владельцев объектов, планировщиков объектов и оборудования, персонала объектов,

эксплуатирующего оборудование радиосвязи. В Приложении II к Рекомендации МСЭ-Т К.121<sup>55</sup> содержатся руководства по принципам, которые следует учитывать при контроле за соблюдением требований к ЭМП РЧ на совместно используемых объектах.

*Example: India – Tarang Sanchar Portal by Department of Telecommunications*

#### 4.4.10 Эффективные административные процедуры

Если органы власти требуют от оператора мобильной связи подать заявку на получение сертификата соответствия объектам пределам ЭМП РЧ, то данная процедура должна быть четко определена и включать в себя определенные сроки принятия решений и выдачи разрешений. В тех случаях, когда нормативная база разрешает оператору декларировать соответствие требованиям ЭМП РЧ, эти сроки должны учитывать процедуры предполагаемого согласия для сайтов, отвечающих определенным характеристикам (см. раздел 4.4.3).

В интересах эффективности управления вся разрешительная документация по ЭМП РЧ должна основываться на электронных методах работы и

быть доступной для уполномоченных пользователей. Если в процессе выдачи разрешений участвует более одного регулирующего органа, то должен быть обеспечен общий доступ для уполномоченных пользователей и параллельная обработка заявок там, где это возможно.

Разрешительные органы не должны запрашивать несущественные данные. Система оценки соответствия, основанная на самостоятельном декларировании оператором, означает, что требуется ограниченная информация (например, идентификатор/местоположение объекта и декларация о соответствии). Система обеспечения соответствия, основанная на сертификации

<sup>54</sup> Пример того, как типовые испытания могут применяться в регулировании, см. в разделе 4.2 стандарта радиочастотной безопасности ARPANSA (<https://www.arpansa.gov.au/regulation-and-licensing/regulatory-publications/radiation-protection-series/codes-and-standards/rps3>).

<sup>55</sup> Рекомендация ИТУ-Т К.121. Руководство по рациональному природопользованию для соблюдения предельных значений РЧ ЭМП базовых станций радиосвязи. Поправка 1: новое приложение II- контроль соответствия ЭМП РЧ для совместно используемых объектов радиосвязи. Май 2018 года



регуляторов, будет нуждаться только в основных характеристиках базовых станций для оценки соответствия требованиям.

Затраты на выдачу разрешений должны быть низкими и соответствовать фактическим административным требованиям.

*Пример: Германия – процедура сертификации сайтов*

## 4.5 Комментарии по эффективности контроля ЭМП РЧ

Использование электронных процедур для контроля за соблюдением требований к ЭМП РЧ от ПРТО, включая подачу заявок и выдачу разрешений (где это необходимо), является положительной административной практикой и повышает эффективность как для управляющих органов, так и для телекоммуникационной отрасли.

Российские операторы сотовой связи оценивают общие затраты в 2,4 млрд руб. ежегодно на разработку проектных решений, задействование аккредитованных организаций для проведения экспертизы и полевых измерений, согласование и получение санитарно-эпидемиологических заключений для порядка 60 000 базовых станций в Москве.

Системы электронного документооборота по данным Интернет внедряются в ряде стран либо правительством, либо промышленностью, как показано в таблице 4.

**Таблица 4:** Страны, использующие электронный документооборот в процессе проверки соответствия требованиям для ЭМП РЧ.

Страна	Описание	Веб-сайт
Австралия	Национальный радиочастотный архив мест установки (RFNSA) управляется австралийской промышленностью для контроля за соблюдением норм и консультаций с участниками сообщества.	<a href="https://www.rfnsa.com.au/">https://www.rfnsa.com.au/</a>
Германия	Федеральное агентство по сети регулирует порядок выдачи сертификатов на места установки и обеспечивает поиск антенных установок в режиме онлайн.	<a href="https://emf2.bundesnetzagentur.de/en_stob.html">https://emf2.bundesnetzagentur.de/en_stob.html</a>
Индия	Tarang Sanchar был разработан в режиме государственно-частного партнерства (ГЧП) Департамента телекоммуникаций и промышленности. В нем есть разделы для представителей промышленности, правительства и общественно доступная информация.	<a href="https://tarangsanchar.gov.in/EMFPortal/Home">https://tarangsanchar.gov.in/EMFPortal/Home</a>

Правильно спроектированная электронная система позволяет избежать дублирования информационных запросов, собирать только необходимую информацию и обеспечить параллельную обработку для сокращения административных задержек. Такая оценка также позволит властям запрашивать дополнительную информацию, а операторам - представлять альтернативные решения в случае отказа в выдаче разрешения.

Все административные процедуры должны предусматривать независимый апелляционный процесс с одним или несколькими уровнями, позволяющими оспаривать решения и предоставлять дополнительную информацию.

Некоторые страны (например, Австралия, Индия, Великобритания) возлагают на оператора ответственность за оценку соответствия с использованием соответствующих технических стандартов, а регулирующие органы не проверяют сертификацию места установки регулярно. Другие страны (например, Германия) требуют от оператора предоставить файл соответствия сайта, который проверяется регулирующим органом, после чего выдается сертификат на данное место установки (сайт). Третья группа стран (например, Греция) требует оценки третьей стороной до момента ввода объекта в эксплуатацию, а в некоторых случаях и после того, как сайт начнет функционировать.

Во всех случаях органы власти сохраняют за собой

право на проверку соответствия путем проведения экспертизы документации о соответствии объекта или проведения независимой оценки уровней ЭМП РЧ (с помощью расчетов или измерений).

Позиция GSMA заключается в том, что самостоятельное декларирование оператором соответствия уровней ЭМП РЧ требованиям СанПиН с соответствующим уведомлением регулирующих органов и процедурами электронного документооборота обеспечит наиболее эффективный административный подход.

Помимо контроля за процессом проверки соответствия уровней ЭМП РЧ требованиям СанПиН, такие системы электронного документооборота также способствуют повышению степени прозрачности доступной для общественности информации.

Система контроля за процессом проверки соответствия уровней ЭМП РЧ требованиям СанПиН не должна собирать информацию коммерческого характера (например, существует ли договор аренды), которая для оценки соответствия не требуется.

Для обеспечения эффективного развертывания базовой станции все необходимые разрешения должны предоставляться своевременно. Наибольшее значение будет иметь уменьшение времени административной обработки для выдачи разрешений для инфраструктуры малых сот сетей 5G.

# 5

## Регулирование соблюдения требований безопасности ЭМП РЧ в России

В данном разделе кратко описаны источники действующих в России пределов воздействия ЭМП РЧ и подход к оценке соответствия. Также рассматриваются некоторые практические трудности, связанные с нынешними российскими пределами.

### 5.1 Источник российских пределов воздействия ЭМП РЧ

Российские пределы воздействия ЭМП РЧ и общий подход к оценке соответствия основаны на методологиях, заимствованных из бывшего Советского Союза, и весьма существенно отличаются от международных руководящих принципов и технических стандартов по ряду существенных аспектов.

Характерной особенностью российского подхода к установке пределов воздействия ЭМП РЧ является то, что они основаны на ограничении общей величины энергетической экспозиции (ЭЭ, в  $\text{мкВт}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$ ) в течение 8-часовой смены при воздействии на персонал или в течение суток для общего уровня

(для защиты населения). В отличие от этого, МКЗНИ устанавливает максимальные уровни поглощения мощности ЭМП РЧ ( $S$ , в  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), которые для оценки соответствия усредняются в течение гораздо более коротких периодов, обычно составляющих 6 минут (см. Приложение 9.3).

Другое существенное различие между российскими пределами для ЭМП РЧ и уровнями МКЗНИ заключается в том, что эффективные допустимые уровни воздействия для российских пределов существенно ниже.

Информативный обзор научных основ советской

/ российской методологии защиты от ЭМП РЧ был опубликован в 2012 году в «Repacholi et al»<sup>56</sup>. В обзоре поясняется, что общий подход к охране здоровья населения и установлению пределов воздействия, принятый предыдущими советскими и нынешними российскими комитетами, заключается в том, что люди не должны компенсировать любые обнаруженные биологические эффекты, вызванные воздействием ЭМП РЧ, в то время как международные ограничения основаны на предотвращении установленных неблагоприятных последствий для здоровья. Результаты некоторых иммунологических исследований<sup>57</sup> особенно важны в этом отношении. В заключении обзора заявляется:

*“... Следует признать, что исследования советской эпохи проводились до того, как лабораторные методы были значительно улучшены, изменились требования к*

*качеству исследований и лучшему пониманию иммунной системы, а также появились значительно более строгие требования современных научных журналов к подробному описанию экспериментов, результатов и анализов.”*

Российские ученые участвовали в работе целевых групп ВОЗ в 1981<sup>58</sup> и 1993<sup>59</sup> годах, которые подготовили рекомендации по пределам воздействия ЭМП РЧ, что в конечном итоге привело к разработке руководящих принципов МКЗНИ<sup>60</sup>. Профессор Сподобаев<sup>61</sup>, главный научный сотрудник филиала ФГУП НИИР (СОНИИР), утверждает, что предыдущие фундаментальные исследования СССР<sup>62</sup>, определявшие предельно допустимые пределы по ЭМП РЧ (впоследствии некорректно упомянутые Роспотребнадзором<sup>63</sup>), подтверждают безопасность пределов, принятых позднее МКЗНИ.

## 5.2 Российские стандарты по воздействию ЭМП РЧ для антенн мобильных сетей

Российские пределы воздействия ЭМП РЧ для персонала и населения установлены в следующих нормативных актах СанПиН, действующих на территории Российской Федерации:

- **СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03:** Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи, Министерство Здравоохранения, 2003.

Настоящий СанПиН распространяется на базовые станции и терминалы сетей мобильной связи, работающие в диапазоне частот 27-2400 МГц и предусматривающие пределы воздействия как для персонала

(табл. 3.1), так для населения (п. 3.3). Каждая базовая станция требует санитарно-эпидемиологического освидетельствования, выдаваемого на основании результатов санитарно-эпидемиологической экспертизы. Расчеты используются на этапе оценки проекта и измерений, проводимых на эксплуатационной площадке на высоте 2 м. СанПиН устанавливает (п. 5.1.6), что погрешность измерительного оборудования не должна превышать  $\pm 30\%$  и что эта погрешность должна быть включена в оцениваемый уровень. Последующие измерения могут быть инициированы по ряду причин и должны проводиться не реже одного раза в три года.

<sup>56</sup> Repacholi, M., Grigoriev, Y., Buschmann, J., & Pioli, C. (2012). Scientific basis for the Soviet and Russian radiofrequency standards for the general public. *Bioelectromagnetics*. <https://doi.org/10.1002/bem.21742>

<sup>57</sup> Параллельная российско-французская попытка подтвердить эти исследования не увенчалась успехом, и Международный Комитет по надзору пришел к выводу, что в целом полученные результаты не соответствуют первоначальным Советским результатам исследований. (An international project to confirm Soviet-era results on immunological and teratological effects of RF field exposure in wistar rats and comments on Grigoriev et al. [2010], Repacholi et al., *Bioelectromagnetics*, 32(4):325–330, May 2011).

<sup>58</sup> Environmental Health Criteria 16 (1981): Radiofrequency and Microwaves, WHO, Geneva, Switzerland. Published under the joint sponsorship of UNEP, WHO and IRPA.

<sup>59</sup> Environmental Health Criteria 137 (1993): Electromagnetic Fields (300 Hz - 300 GHz), WHO, Geneva, Switzerland. Published under the joint sponsorship of UNEP, IRPA and WHO.

<sup>60</sup> A History of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Repacholi, *Health Physics*, 113(4):282-300, October 2017

<sup>61</sup> <https://elsv.ru/aktualizatsiya-podhodov-k-sanitarno-gigienicheskomu-normirovaniyu-elektromagnitnyh-polej-ot-setevykh-tehnologij-5g/> (in Russian)

<sup>62</sup> Минин Б.А., СВЧ и безопасность человека. Москва: Советское радио, 1974.

<sup>63</sup> MR 2.1.10.0061-12. Health risk assessment for exposure variable electromagnetic fields (up to 300 GHz) in populated areas: Guidelines. *Rospotrebnadzor*, 2013. (in Russian)

<sup>64</sup> СанПиН = Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

<sup>65</sup> Приведенные нормы для устройств также отличаются от норм МКЗНИ. В диапазоне частот от 300 до 2400 МГц данный предел для устройств составляет 100 мкВт/см<sup>2</sup>

<sup>66</sup> Оборудование, установленное вне здания с эффективной излучаемой мощностью не более 10 Вт, исключается из требований сертификации. Любое изменение, увеличивающее воздействие, требует новой сертификации.

- **СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03:** Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. Министерство Здравоохранения, 2003 год с изменениями от 19 декабря 2007 года.

Применяется к стационарным радиотехническим объектам, работающим на частотах от 30 кГц до 300 ГГц, и устанавливает пределы воздействия как для персонала (табл. 1), так и населения (табл. 2). Каждый радиообъект<sup>67</sup> требует санитарно-эпидемиологической аттестации, выдаваемой Центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора (далее-территориальные Управления Роспотребнадзора) по Российской Федерации на основании результатов санитарно-эпидемиологической экспертизы.

Также пределы воздействия ЭМП РЧ<sup>68</sup> для защиты персонала установлены в нижеследующем положении СанПиН:

- **СанПиН 2.2.4.3359-16:** Санитарно-эпидемиологические требования к физическим

факторам на рабочих местах, Министерство Здравоохранения, 2016.

Настоящий СанПиН устанавливает общие требования к контролю безопасности на рабочих местах со стороны ЭМП РЧ. Пределы, указанные в данном СанПиНе, обеспечивают защиту на рабочем месте не более 8 часов в сутки (то есть одна рабочая смена) и не более 40 часов в неделю. Пределы воздействия на сотрудника (таблицы 7.4 и 7.5) учитывают продолжительность воздействия. Измерения производятся на высотах, соответствующих двум разным рабочим положениям: стоя и сидя. Для источников малой мощности существуют исключения.

Сводная для всех трех СанПиНов информация о предельных значениях воздействия ЭМП РЧ от стационарных телекоммуникационных объектов, работающих на частотах 300 МГц-100 ГГц, приведена в таблице 5.

**Таблица 5:** Сводные значения пределов допустимого воздействия ЭМП РЧ, установленные в СанПиН, применимые для излучений телекоммуникационных радиотехнических объектов

Вид ограничения	Название предельно допустимой величины воздействия	Предельно допустимый уровень
Для защиты персонала	Энергетическая экспозиция (ЭЭ) за рабочую смену	200 мкВт/см <sup>2</sup> · ч ( 2 В/м <sup>2</sup> · ч )
	Максимальная плотность потока мощности воздействия на тело человека для времени T < 12 мин на смену	1000 мкВт/см <sup>2</sup> ( 10 В/м <sup>2</sup> )
	Максимальная плотность потока мощности воздействия на руки	5000 мкВт/см <sup>2</sup> ( 50 В/м <sup>2</sup> )
	Предел плотности потока мощности для времени T > 8ч на смену	25 мкВт/см <sup>2</sup> ( 0.25 В/м <sup>2</sup> )
Для защиты населения	Максимальная плотность потока мощности воздействия	10 мкВт/см <sup>2</sup> ( 0.1 В/м <sup>2</sup> )

<sup>67</sup> Также подобно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 из требований по сертификации исключается оборудование с эффективной излучаемой мощностью не более 10 Вт и применяются аналогичные подходы к расчету, измерениям и требованиям к повторной сертификации не реже одного раза в три года.

<sup>68</sup> СанПиН = Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы

<sup>69</sup> Включая температуру, шум, вибрацию, инфразвук, ультразвук, лазеры.

<sup>70</sup> 7.3.6.е: 0.2 Вт – в диапазоне 30 МГц - 300 ГГц

## 5.3 Административные процедуры контроля соблюдения требований СанПиН

Роспотребнадзор является федеральным органом исполнительной власти Российской Федерации, ответственным за оформление санитарно-эпидемиологических заключений о соответствии параметров передающих радиотехнических объектов (ПРТО) требованиям СанПиН.

Ниже приводится краткое описание процесса легализации с точки зрения соблюдения санитарных норм. Он предполагает представление двух документов: санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии проектной документации требованиям СанПиН (Р1) и письмо о согласовании эксплуатации ПРТО (Р2).

1. Оператор разрабатывает проектную документацию на ПРТО с расчетом распределения уровней электромагнитных полей на прилегающей к ПРТО территории с указанием границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки.
2. Оператор мобильной связи организывает проведение экспертизы и получение Экспертного заключения «О соответствии государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам проектной документации (ПД) на размещение (реконструкцию, модернизацию) ПРТО» (ЭЗ1). Экспертиза проводится аккредитованным органом инспекции (ОИ)
3. Оператор предоставляет в Управление Роспотребнадзора комплект документов (проектную документацию и ЭЗ1) для оформления Р1.
4. Роспотребнадзор рассматривает заявку
  - a. Оценка проводится одним из назначенных экспертов.
  - b. Оценка проводится на основании приложенного к комплекту документов ЭЗ1
5. Роспотребнадзор выдает санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии/ несоответствии проектной документации.
6. Оператор приступает к строительству мобильной базовой станции после получения Р1
7. Оператор организывает проведение инструментальных измерений для проверки соответствия уровней ЭМП расчетным значениям и требованиями СанПиН. Измерения проводит аккредитованный испытательный лабораторный центр (ИЛЦ). Результаты измерения оформляются в виде протокола.
8. Оператор мобильной связи организывает проведение экспертизы документов на эксплуатацию ПРТО и получение Экспертного заключения «О соответствии государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам законченного строительством (реконструкцией, модернизацией) ПРТО» (ЭЗ2). Экспертиза проводится аккредитованным органом инспекции (ОИ)
9. Оператор предоставляет в Управление Роспотребнадзора комплект документов (ЭЗ1, Р1, протокол измерений и ЭЗ2) для оформления Р2
10. Роспотребнадзор рассматривает заявку
  - a. Оценка проводится одним из его внутренних экспертов.
  - b. Оценка проводится на основании приложенных к комплекту документов протокола и ЭЗ2
11. Роспотребнадзор выдает письмо о согласовании эксплуатации ПРТО (Р2), либо отказ в согласовании эксплуатации.
 

Оператор обязан проводить производственный контроль соответствия уровней ЭМП РЧ в следующих случаях:

  - a. при изменении условий и режима работы ПРТО, влияющих на уровни ЭМП (изменение ориентации антенн, увеличение мощности передатчиков и т.д.);
  - b. при изменении ситуационного плана на территории, прилегающей к ПРТО;
  - c. после проведения мероприятий по снижению уровней ЭМП;
  - d. не реже одного раза в три года (в зависимости от результатов динамического наблюдения периодичность проведения измерений уровней ЭМП ПРТО может быть сокращена по решению соответствующего центра Госсанэпиднадзора, но не чаще, чем один раз в год).

В условиях неравномерно выстроенного процесса оформления разрешительных документов в органах Роспотребнадзора по всей территории РФ, объем

подаваемых на рассмотрение документов в разных регионах отличается. Например, в некоторых регионах под проведением производственного

контроля подразумевается только проведение измерений и оформление протокола, в других это и измерения, и оформление нового Р2

## 5.4 Практические трудности, связанные с правилами СанПиН

Применение Роспотребнадзором положений СанПиН создает много трудностей для операторов, стремящихся сертифицировать передающие радиотехнические объекты (ПРТО), т. е. базовые станции, как существующих сетей 3G/4G, так и будущих сетей 5G. Эти трудности частично возникают из-за неоднозначных определений терминов или из-за ненужных или неэффективных требований, которые не повышают безопасность воздействия ЭМП РЧ. В нижеследующих подразделах освещаются конкретные проблемы, выявленные как в нормативных актах СанПиН, так и в регулировании по ним Роспотребнадзора.

### 5.4.1 Определение зоны ограничения с учетом перспективного развития

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 и СанПиН 2.1.8 / 2.2.4.1383-03 вводят понятие зоны ограничения с учетом перспективного развития в пункты 3.16 и 3.17 соответственно. Эта зона предназначена для охвата областей, содержащих рабочие или жилые объекты, как настоящие, так и будущие, которые подлежат исследованию на предмет безопасности воздействия ЭМП РЧ от передающих радиотехнических объектов (ПРТО). Однако нет четкого определения масштабов зоны ограничений с учетом перспективного развития, особенно в условиях городской застройки.

### 5.4.2 Определение наличия ПРТО

Количество ПРТО должно быть надлежащим образом определено в п. 3.11 СанПиН. 2.1.8 / 2.2.4.1383-03. Например, на 400-метровой крыше большого здания (например, торгового центра) неясно, должны ли антенны, которые широко разнесены и, возможно, принадлежат разным операторам, быть сгруппированы как один ПРТО или как два или более малых. На каком расстоянии друг от друга должны находиться группы антенн, прежде чем их можно будет рассматривать как отдельные ПРТО? Аналогично, каково минимальное вертикальное расстояние между антеннами, расположенными на высоком мачтовом сооружении (например, телебашне) чтобы классифицировать их в отдельные ПРТО?

### 5.4.3 Определение максимальной излучаемой мощности

Пункт 4.2.1 СанПиН 2.1.8 / 2.2.4.1383-03 требует, чтобы оценка воздействия ЭМП РЧ проводилась, когда передатчики РТО работают на максимально возможном уровне мощности. Однако при выдаче разрешений Роспотребнадзор может потребовать более низкие уровни мощности для эксплуатации ПРТО, либо сами операторы могут принять такое решение. В таких случаях установка мощности передатчика для оценки ЭМП РЧ должна быть на максимальном рабочем уровне передатчика, а не на максимально возможном.

### 5.4.4 Обоснование необходимости усиления мониторинга ЭМП РЧ

В пункте 4.2.2 СанПиН 2.1.8 / 2.2.4.1383-03 указывается множество условий для обязательной оценки ЭМП РЧ для ПРТО. Поскольку каждая оценка может привести к длительным задержкам во вводе ПРТО в эксплуатацию, эти условия должны рассматриваться только по уважительной причине. В частности, любые дополнительные оценки ЭМП РЧ, основанные на "результатах динамического мониторинга" ПРТО, должны быть обоснованы в письменной форме оператором мобильной связи в целях обеспечения объективности и прозрачности..

### 5.4.5 Количество и выбор мест измерения ЭМП РЧ

СанПиНы не дают указаний по количеству и

расположению мест измерений ЭМП РЧ для ПРТО, фактически это решается экспертами, назначенными Роспотребнадзором. Поскольку решения о количестве и размещении точек для измерения ЭМП РЧ могут существенно повлиять на результат оценки, их следует определять по четко определенным правилам, а не оставлять на усмотрение оценщика.

#### 5.4.6 Обработка погрешности измерений

Пункт 4.1.6 СанПиН 2.1.8 / 2.2.4.1383-03 устанавливает величину относительной погрешности

измерительного оборудования не более 30%. Однако международные стандарты, такие как IEC 62232, указывают на то, что при правильном определении такие низкие уровни погрешности не могут быть достигнуты для измерения переменных значений электрического, магнитного полей и ППМ, что делает невозможным выполнение этого требования. Кроме того, практика добавления погрешности измерения к оцениваемому уровню противоречит международной практике и занижает пределы СанПиН, что затрудняет достижение соответствия объекта требованиям.

## 5.5 Сравнение российских и международных допустимых уровней воздействия ЭМП РЧ

Из рисунка 6 видно, что российские ограничения для ЭМП РЧ значительно более жесткие по сравнению с международными рекомендациями МКЗНИ на частотах мобильной связи (от 400 МГц до 100 ГГц).

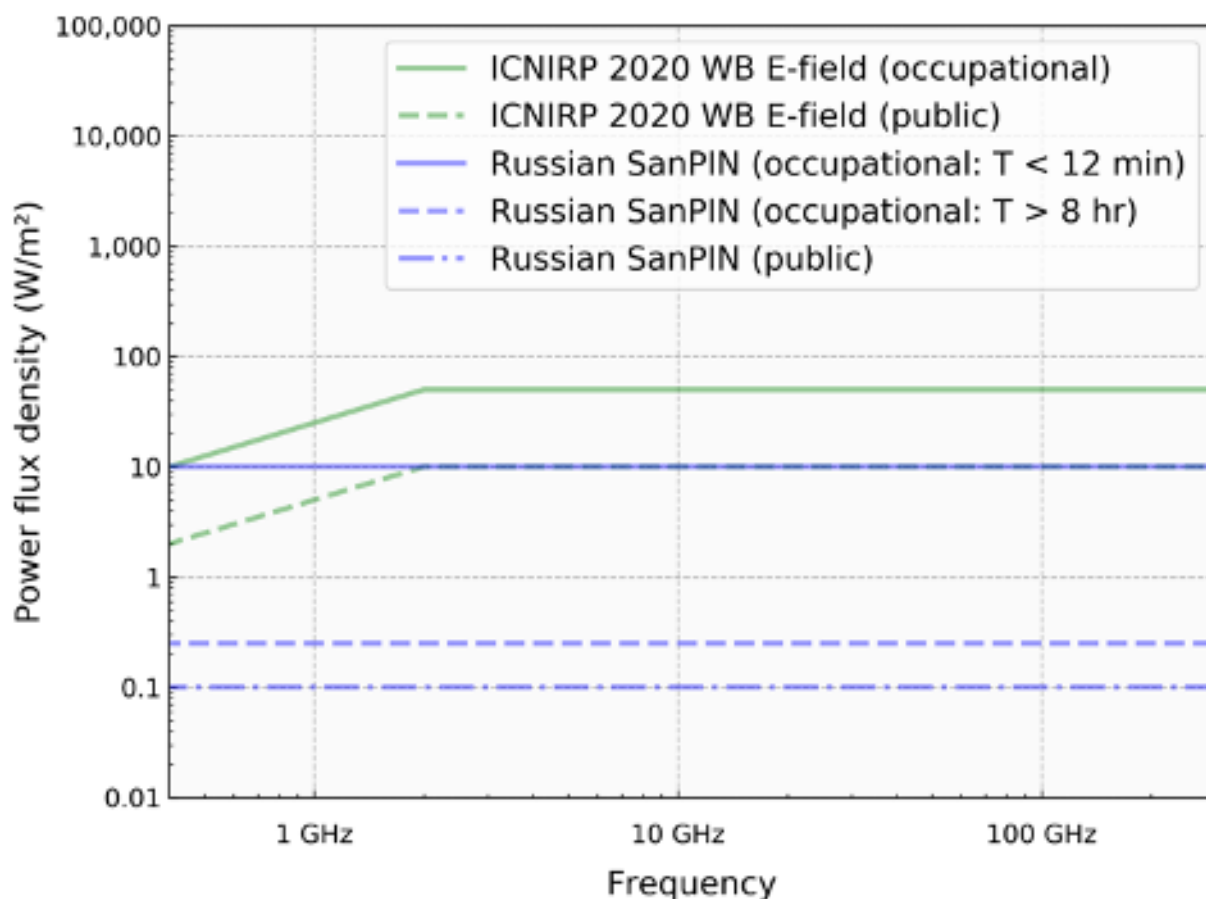
Предельно допустимое значение воздействия ЭМП РЧ на персонал и на население в российском СанПиНе составляет 0,1 Вт/м<sup>2</sup> (пунктирная синяя линия), что в 20-100 раз ниже соответствующего предельного значения МКЗНИ для населения (пунктирная зеленая линия).

Для профессионального облучения (на рабочих местах) пределы в российском СанПиН (синие сплошные линии) варьируются в зависимости от продолжительности воздействия на сотрудника за смену: от 0,25 Вт/м<sup>2</sup> при длительном воздействии ( $T > 8$  ч) до 10 Вт/м<sup>2</sup> при однократном

непродолжительном воздействии ( $T < 12$  мин.) Следует отметить, что для правильного применения российских ограничений на рабочем месте сотруднику необходимо вести учетный журнал времени, проведенного им при различных уровнях воздействия ЭМП РЧ, что представляет собой значительную проблему для соблюдения этих требований.

В отличие от этого, международные руководящие принципы МКЗНИ определяют единый предельно допустимый уровень воздействия для электрического и магнитного полей а также ППМ (зеленая сплошная линия). Такое ограничение гораздо проще в применении и менее жесткое, чем аналогичные российские.

**Рис. 6:** Сравнение российских и международных (МКЗНИ, 1998) предельных значений воздействия по плотности мощности для ЭМП РЧ



Очень важным последствием более строгих ограничений на ЭМП РЧ в российских стандартах СанПиН является то, что зоны вокруг ПРТО, где воздействие ЭМП РЧ превышает допустимые предельные уровни (санитарно-защитные зоны), значительно больше, чем при применении международных ограничений МКЗНИ.

Этот вывод проиллюстрирован на рис. 7, где санитарно-защитные зоны были рассчитаны для типичной конфигурации базовой станции мобильной связи, установленной на крыше (см. Приложение 9.4 для подробной информации о конфигурации места установки). Санитарно-защитные зоны ЭМП РЧ для защиты населения и рабочих мест персонала от облучения показаны желтым и красным цветом соответственно.

Иллюстрация А на рис. 7 показывает санитарно-защитную зону МКЗНИ как для населения, так и для персонала. Хотя санитарно-защитные зоны

для населения заходят за пределы здания, они не доходят достаточно далеко, чтобы затронуть другие близлежащие здания. Кроме того, санитарно-защитные зоны ни для населения, ни для персонала не являются достаточно большими, чтобы воспрепятствовать доступу на крышу здания для проведения работ по техническому обслуживанию неограниченной продолжительности.

На иллюстрации С на рис. 7 показано, что в соответствии с российскими ограничениями СанПиН проведение работ по техническому обслуживанию продолжительностью один час не допускается, поскольку санитарно-защитная зона (красная) для персонала охватывает почти всю площадь крыши.

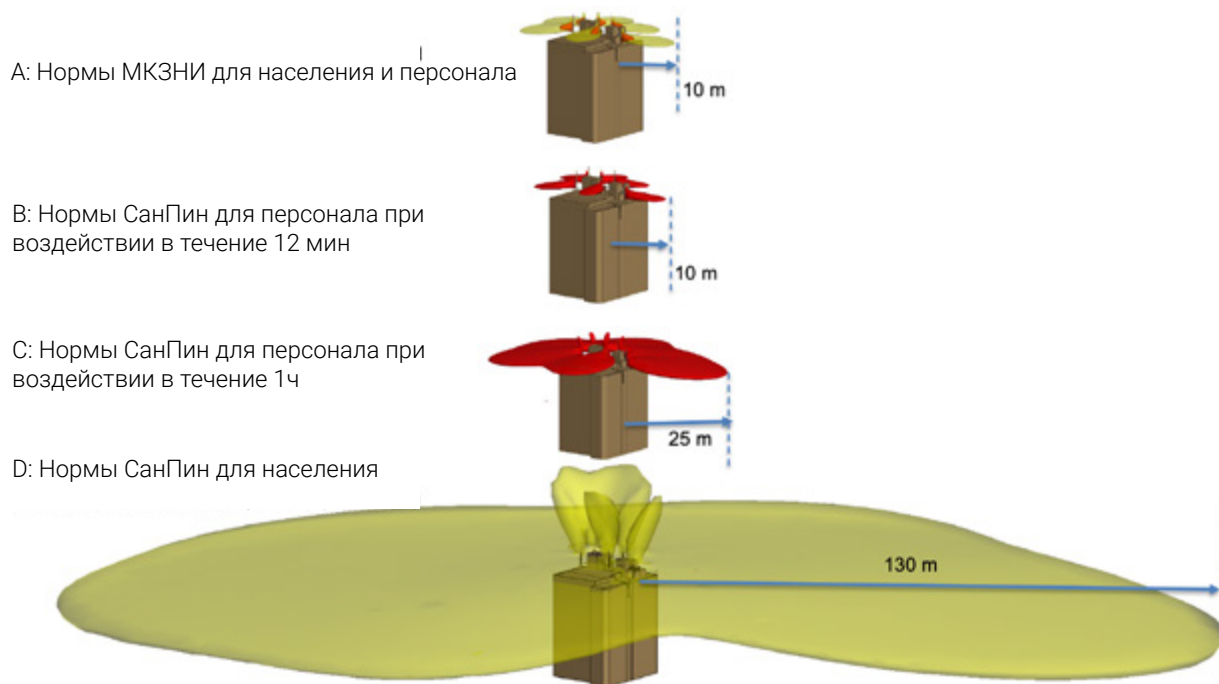
Аналогичным образом, иллюстрация D показывает, что общий доступ населения на крышу не будет разрешен в соответствии с российскими ограничениями из-за большого размера санитарно-защитной зоны (желтой). Кроме того, постройка

других зданий такой же высоты или более высоких должны были бы быть исключены на расстоянии до 143 м.

Практическим следствием большего размера

санитарно-защитной зоны ЭМП РЧ является то, что совместное размещение антенн может быть более сложным, и необходимо будет задействовать большее пространство на крыше здания для их размещения.

**Рис. 7:** Сравнение размеров санитарно-защитных зон ЭМП РЧ для мест размещения базовой станции на крыше для российских пределов СанПиН в сравнении с пределами МКЗНИ. Санитарно-защитные зоны были рассчитаны с помощью программного обеспечения «IXUS EME compliance».



# 6

## Влияние российской системы проверки на соответствие для ЭМП РЧ на развертывание сетей 5G

**Информация данного раздела предоставлена российскими операторами мобильной связи на основе анализа их существующих сетей и их возможностей развертывания сетей 5G с применением существующих российских ограничений на ЭМП РЧ и ограничений МКЗНИ.**

Операторы провели моделирование участков сети 5G в двух районах Москвы<sup>71</sup>: в районе Профсоюзной улицы с плотной городской застройкой и в районе спортивной арены “Лужники”. В последнем месте плотность застройки соответствует пригородной, но с более высокими требованиями к скоростям передачи

данных для пользователей.

Моделирование проводилось с учетом пределов воздействия РЧ ЭМП, принятых в Российской Федерации, и на основе пределов МКЗНИ для защиты населения.

**Таблица 6:** Исходные данные, используемые для моделирования сети 5G в С-диапазоне

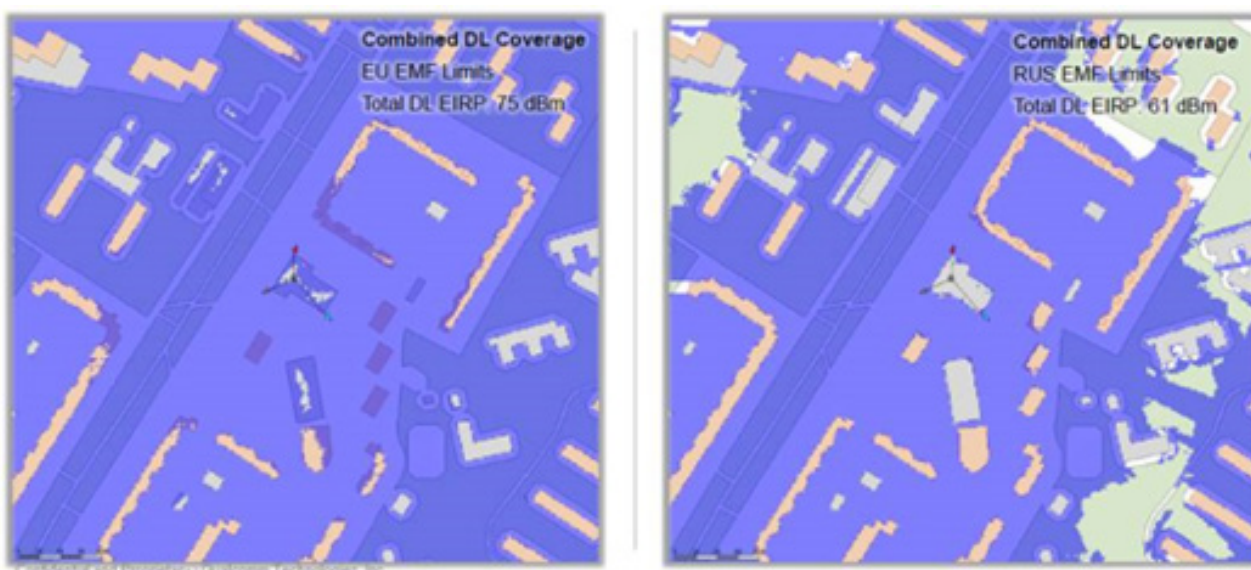
Параметр	Городская застройка	Спортивная арена
Ширина канала в диапазоне 3,5 ГГц (МГц)	100	100
Скорость передачи данных в диапазоне 3,5 ГГц (Мбит/с)	100	300
Ширина канала в диапазоне 4,9 ГГц (МГц)	50	50
Скорость передачи данных в диапазоне 4,9 ГГц (Мбит/с)	50	150

Российские операторы сотовой связи исходили из того, что диапазон 27 ГГц используется только для покрытия хот-спотов, полного охвата исследуемых территорий не предполагалось.

В процессе моделирования было установлено, что ограничение мощности базовой станции 5G для соответствия принятым в РФ предельным значениям приводит к тому, что отсутствует проникновение сигнала внутрь зданий (рис.8), поэтому моделирование проводилось только для покрытия вне помещений.

В докладе ВІРТ, а также швейцарской рабочей группы по подвижной телефонии и излучениям (обсуждаемой в разделе 4.1.5) сообщается, что излишне жесткие ограничения, накладываемые на ЭМП РЧ, отрицательно влияют на покрытие внутри помещений. Теоретическое исследование (Nițu, 2015<sup>72</sup>) сетей 3G (2100 МГц), работающих с пределами МКЗНИ (10 Вт/м<sup>2</sup>, что эквивалентно 61 В/м), показало 98,55% покрытия для голосовой связи в городе с 26 базовыми станциями. Ограничение в 50 мВт/м<sup>2</sup> (4,3 В/м) требует снижения мощности базовой станции, при этом зона покрытия для обеспечения голосовых услуг при этом сократилась до 85,85% (большая часть потерь в покрытии была внутри зданий, что еще негативнее сказалось на доступности услуг). Добавление 16 базовых станций для компенсации более низкой мощности передачи только увеличило охват до 96,25% площади. Дополнительные базовые станции привели к большему уровню внутрисетевых помех, и, как следствие, средняя пропускная способность высокоскоростной пакетной передачи данных снизилась на 48,9%.

**Рис. 8:** Сопоставление зон покрытия внутри помещений с использованием норм воздействия РЧ ЭМП ЕС (слева) и более жестких российских ограничений (справа). Фиолетовый цвет означает зону покрытия, как снаружи, так и внутри помещений. Зеленый и оранжевый цвета обозначают зоны с отсутствием покрытия. (Нормы ЕС соответствуют нормам МКЗНИ 1998).



<sup>71</sup> Профсоюзная улица находится на юго-западе Москвы. Стадион «Лужники» - Национальный стадион России

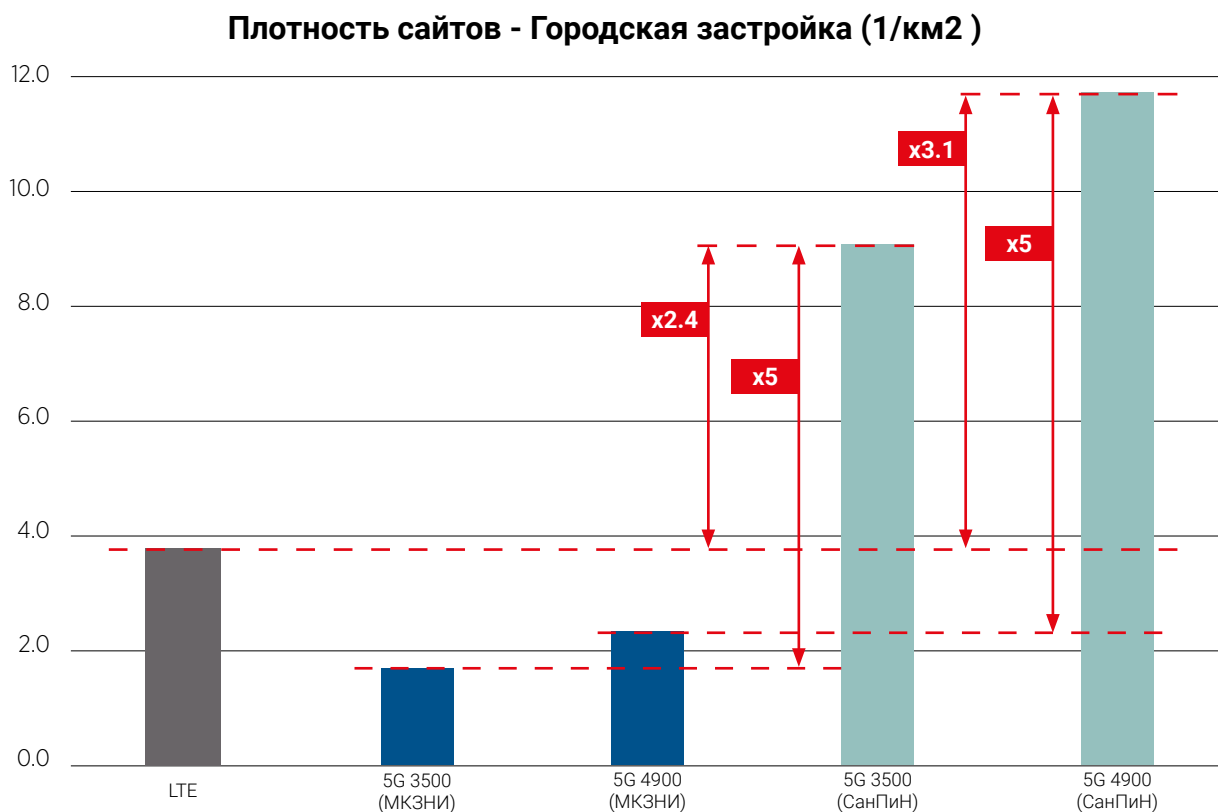
<sup>72</sup> The impact of EMF exposure limits reduction on an existing UMTS network, Nițu, University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin, Series C, 77(3):123-134, 2015.

## 6.1 Результаты моделирования

Приведенные ниже диаграммы демонстрируют обобщенные результаты моделирования для каждого из выбранных районов Москвы. Данные представлены в виде требуемой плотности сайтов 5G для каждого диапазона частот, соответствующего соблюдению норм СанПин или МКЗНИ (международных). Также на диаграммах представлена существующая плотность сайтов LTE. Использование существующих сайтов для предоставления услуг 5G в случае использования Российских норм на уровни электромагнитного излучения потребует модернизации сайтов, которая будет включать изменения мощности существующих передатчиков (UMTS, LTE, GSM) или изменения параметров антенн (новые места расположения или ориентация).

### 6.1.1 Москва. Городская застройка

**Рис. 9:** Зона городской застройки. Плотность базовых станций, требуемых на каждой частоте, на основе пределов СанПин или международных руководящих принципов МКЗНИ

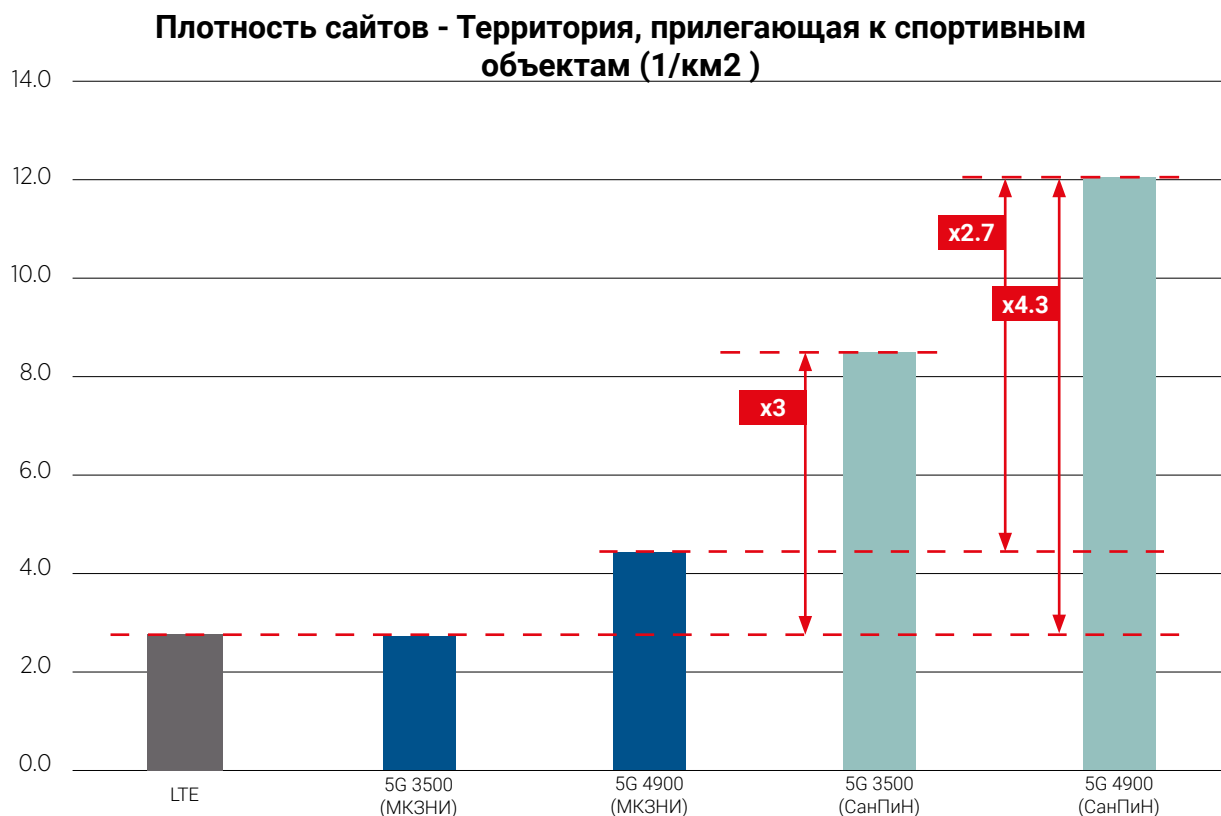


Следует отметить, что на исследуемой территории на 30% существующих сайтов LTE уже имеются ограничения на излучаемую мощность.

Для обеспечения городского покрытия на основе пределов СанПин в сравнении с пределами МКЗНИ требуется примерно в пять раз больше базовых станций 5G. Кроме того, для обеспечения outdoor покрытия 5G, сравнимого с существующим покрытием LTE, потребуется увеличить существующую плотность сайтов приблизительно в три раза, а для обеспечения indoor покрытия необходимо значительное увеличение количества indoor сайтов (оценка количества дополнительных indoor сайтов в рамках данного исследования не проводилась). Если будут применяться нормы МКЗНИ, то увеличение существующей плотности сайтов не потребуется, а покрытие 5G будет приблизительно соответствовать покрытию сетей LTE.

## 6.1.2 Москва. Территория, прилегающая к спортивным объектам

**Рис. 10:** Территория, прилегающая к спортивным объектам - плотность базовых станций, требуемых на каждой частоте, на основе пределов СанПиН или международных руководящих принципов МКЗНИ



Для обеспечения покрытия данной зоны на основе пределов СанПиН в сравнении с пределами МКЗНИ требуется примерно в три раза больше базовых станций 5G. Для обеспечения outdoor покрытия 5G, сравнимого с существующим покрытием LTE, потребуется увеличить существующую плотность сайтов приблизительно в три раза для диапазона 3500 МГц и приблизительно в 4 раза для диапазона 4900 МГц.

## 6.1.3 Экстраполяция результатов на все районы Москвы

Экстраполяция на всю Москву проводилась в соответствии с распределением клаттеров (Приложение 9.2). Клаттеры «Dense Urban» и «Urban» были объединены в зону Urban, плотность сайтов для этой зоны была выбрана в соответствии с результатами моделирования (раздел 6.1.1); плотность сайтов для клаттера «Sport area» - в

соответствии с результатами моделирования (раздел 6.1.2); для зоны Dense Urban считалось, что плотность должна быть выше в два раза, чем для зоны Urban; клаттеры «Villages», «Parkland» и «Industrial areas» были объединены в зону Suburban, предполагалось, что плотность сайтов в этой зоне в два раза ниже, чем в зоне Urban.

**Таблица 7:** Экстраполяция результатов на все районы Москвы

Клаттеры	Площадь клаттеров территории Москва МКАД+ (км <sup>2</sup> )	Количество сайтов				
		LTE	МКЗНИ		САНПин	
			3500	4900	3500	4900
Urban	225.2	850	368	505	2022	2642
Sport area	6.1	17	17	27	51	73
Rural	199.8	377	163	224	897	1173
Dense Urban	269.3	2034	879	1209	4837	6321
<b>Total</b>		<b>3278</b>	<b>1427</b>	<b>1966</b>	<b>7807</b>	<b>10209</b>

Экстраполяция результатов моделирования на территорию Москвы показывает, что если бы в РФ применялись нормы на электромагнитное излучение МКЗНИ, то практически не потребовалось бы увеличение количества существующих сайтов в Москве, развитие сети 5G заключалось бы в установке оборудования 5G на существующих площадках. Применение российских норм на электромагнитное излучение приведет к тому, что

потребуется увеличить существующее количество сайтов приблизительно в три раза, что значительно повысит капитальные и эксплуатационные затраты операторов. Расчеты капитальных затрат показывают, что использование российских норм на электромагнитное излучение по сравнению с использованием норм МКЗНИ приводит к удорожанию сети приблизительно в 5 раз.

### 6.1.4 Оценка влияния использования различных норм на электромагнитное излучение на финансовые затраты операторов

При расчете финансовых затрат на строительство и эксплуатацию сети 5G использовались в основном подход и исходные данные из Проекта «Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации», размещенного на сайте Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации<sup>73</sup>.

Нужно отметить, что при расчетах была взята более высокая стоимость 5G gNodeB<sup>74</sup>, поскольку авторы проекта Концепции исходили из примерной цены на eNodeB LTE<sup>75</sup> с шириной канала 10 – 15 МГц классической архитектуры с пассивными антеннами, но необходимо учитывать, что стоимость 5G gNodeB с mMIMO и шириной канала 50-100 МГц будет как минимум в два раза выше. Также используемая при расчетах цена базовой станции в диапазоне 4900

выше, так как экосистема и поставка оборудования вендорами

существенно ограничена в данном диапазоне в сравнении с 3500.

Как показано на Рис. 11, использование российских норм приводит к увеличению капитальных затрат операторов в 5 раз в сравнении с использованием норм МКЗНИ. Капитальные затраты включают стоимость gNodeB, ПИР, СМР, контейнер, кондиционер и прочее оборудование, необходимое для установки БС, а также узлы транспортной сети для новых

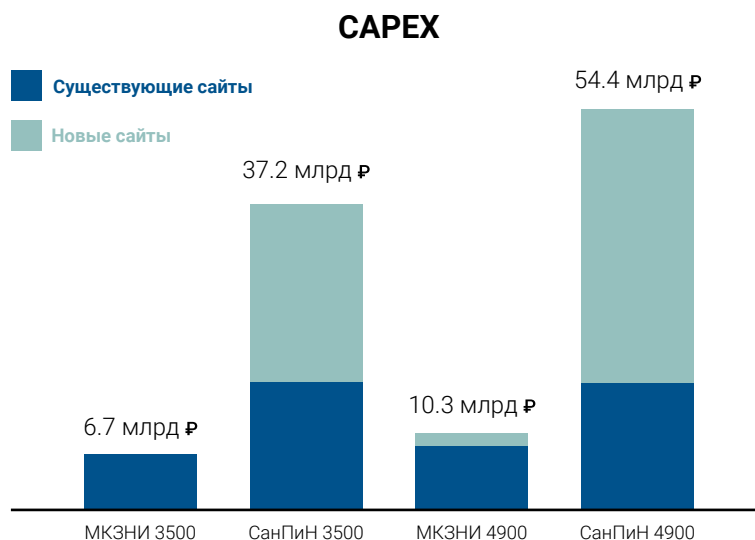
Оценка проводилась для одной сети. Для нескольких сетей капитальные и операционные затраты возрастут соответственно.

<sup>73</sup> Concept for the creation and development of 5G / IMT-2020 networks in the Russian Federation, December 2019 (in Russian) available at <https://digital.gov.ru/uploaded/files/proekt-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setej-5g-imt-2020-v-rossijskoj-federatsii.pdf>

<sup>74</sup> gNodeB (gNB) - это термин 5G для сетевого оборудования (базовой станции), которое передает и принимает беспроводные сигналы между мобильными устройствами пользователей и мобильной сетью.

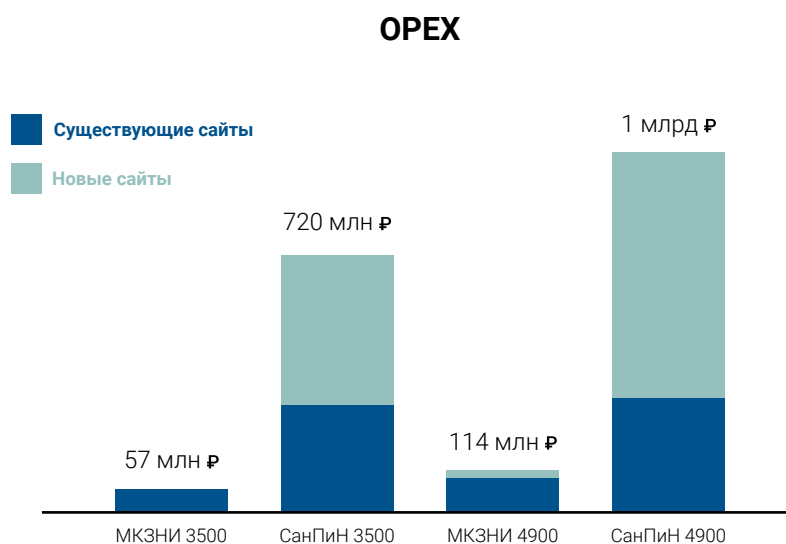
<sup>75</sup> eNodeB (or eNB) это эквивалентный термин 4G с иной технической функциональностью

**Рис. 11:** CAPEX в рублях<sup>76</sup> (Различные сценарии построения сети 5G в Москве)



Аналогично, на Рис.12 показаны ежемесячные эксплуатационные затраты при использовании российских норм на электромагнитное излучение возрастают приблизительно в 10 раз по сравнению с использованием норм МКЗНИ. Эксплуатационные затраты включают аренду площадки, электроэнергию и техническую поддержку.

**Рис. 12:** OPEX (Различные сценарии построения сети 5G в Москве)



<sup>76</sup> На момент написания данного отчета курс составлял 76 рублей за 1 доллар США



---

# 7

# Выводы

Основываясь на опыте других стран, принявших более жесткие нормы на воздействие ЭМП РЧ, и результатах исследований для Москвы, нынешние российские ограничения, установленные в СанПиН, негативно скажутся на развертывании сетей 5G в России. По сравнению с международными ограничениями для ЭМП РЧ ограничения, установленные в СанПиН, приведут к увеличению числа мест размещения антенн, снижению возможности совместного использования сайтов, потенциально более низкой доступности услуг (особенно внутри помещений), задержке развертывания инфраструктуры из-за административной неэффективности и увеличению затрат на развертывание сети.

Как показывают исследования, ограничения, установленные в СанПиН, увеличивают примерно в три раза требуемое количество антенн, необходимых для обеспечения покрытия в районах с плотной городской застройкой. Важно отметить, что более жесткие пределы воздействия для ЭМП РЧ не приводят к снижению уровней воздействия в общественных местах. Капитальные затраты выше в пять раз, а ежегодные эксплуатационные расходы увеличиваются в 10 раз по сравнению с развертыванием сети на основе международных ограничений.

Международный научный консенсус заключается в том, что установленные международные пределы обеспечивают защиту всего населения от всех установленных рисков для здоровья. Они основаны на всесторонних обзорах научных данных. В марте 2020 года были опубликованы обновленные ограничения, которые подкрепили многие из ограничений в существующих

международных руководящих принципах. Как МСЭ, так и ВОЗ призывают государства-члены принять гармонизированные пределы ЭМП РЧ.

Существует много элементов существующих российских процедур соблюдения требований ЭМП РЧ в России, которые было бы полезно обновить с учетом новейших технических методов и эффективности электронного документооборота. В частности, стандартный подход к оценке соответствия установленным ограничениям для объектов радиосвязи должен заключаться в самостоятельном декларировании о соответствии операторами с использованием расчетных методов без необходимости проведения измерений после ввода в эксплуатацию. Для некоторых сайтов может возникнуть необходимость в измерениях в зависимости от ситуации. Регулирующие органы должны сохранять за собой право на проведение специальных проверок информации о соответствии объектов требованиям и проверки таких объектов, когда это необходимо. Требование о периодической сертификации объекта технически не обосновано и должно быть пересмотрено. Более подробная информация приводится в разделах 4.2 и 4.4.

Очевидно, что принятие международных рекомендаций по воздействию ЭМП РЧ (МКЗНИ) и современных подходов к оценке соответствия объектов международным техническим стандартам будет способствовать развертыванию сетей 5G в России.

# 8

## Рекомендации

Ниже приводятся обобщенные рекомендации по развитию системы проверки соответствия уровней ЭМП РЧ требованиям СанПиН в России для защиты здоровья населения и поддержки эффективного развертывания мобильных сетей.

1. **Принятие международных норм на воздействие ЭМП РЧ, установленных в руководящих принципах МКЗНИ, для защиты населения и персонала.** ВОЗ рассматривает ограничения МКЗНИ как достаточные для защиты здоровья человека, и они составляют основу политики соответствия ЭМП РЧ в Европе и большинстве стран мира (раздел 4.1).
2. **Принятие методов оценки ЭМП РЧ из международных стандартов соответствия.** Технические стандарты соответствия, разработанные МЭК и МСЭ, представляют собой современные методы оценки соответствия ЭМП РЧ для сетей подвижной радиосвязи (раздел 4.2).

- a. Оценка соответствия ЭМП РЧ smart антенн должна учитывать фактическую максимальную усредненную по времени мощность передатчика с учетом эффектов

TDD и режимов управления лучом (раздел 4.3).

- b. Для учета особенностей работы базовых станций со smart антеннами предлагается использовать модифицированную формулу определения уровней электромагнитного поля от нескольких источников (вместо формулы в п. 3.4 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03):

$$\left( \sum_{i=1}^n \alpha_j S_i + \gamma \sum_{j=1}^m \alpha_j S_j \right) < S_{max}$$

где

$\alpha$  – понижающий фактор, учитывающий тип и параметры дуплекса (например,  $\alpha = 0.75$ )

для TDD (UL:DL=1:3), для FDD  $\alpha = 1$ ), см. Приложение 9.5.2,

$\gamma$  - понижающий множитель для AAC, например,  $\gamma = 0,1$ ,

$n$  – количество радиопередающих устройств с пассивными антеннами,

$m$  – количество радиопередающих устройств с mMIMO.

3. **Модернизация процедуры проверки соблюдения требований Роспотребнадзора для ЭМП РЧ.** Методы и система контроля за соблюдением требований для ЭМП РЧ должны быть приведены в соответствие с положительной международной практикой. В частности:

- a. Принимать уведомления оператора сотовой связи и самостоятельное их заявление о соответствии, с проведением произвольных проверок со стороны Роспотребнадзора (раздел 4.4.1).
- b. Разрешить использование расчетной оценки воздействия ЭМП РЧ (раздел 4.4.3).
- c. Повысить точность путем оценки, основанной на фактических параметрах оборудования базовой станции, а не на консервативных допущениях (раздел 4.4.2).
- d. Не добавлять величину погрешности измерений к оцениваемому уровню, т.к. это противоречит международной практике (раздел 4.4.4).
- e. Измерения после ввода в эксплуатацию должны проводиться только в тех случаях, когда имеется техническая необходимость в подтверждении соответствия (раздел 4.4.5).
- f. Переоценка производится только в том случае, если объект или окружающая среда здания изменяются таким образом, чтобы повлиять на уровни ЭМП РЧ в доступных зонах (раздел 4.4.6).
- g. Определить соответствующие пределы воздействия для ЭМП РЧ с учетом

контролируемой зоны доступа (раздел 4.4.6).

- h. Принять упрощенные критерии и типовую форму утверждения для оценки базовых станций (раздел 4.4.8).
  - i. Вместо перечисления конкретного оборудования или методов оценки ЭМП РЧ, конкретизировать критерии, которые должны быть достигнуты на основе указаний международных технических стандартов (раздел 4.4.2).
  - j. Операторы сотовой связи должны согласовать процедуры контроля соответствия уровней ЭМП РЧ для совместно используемых сайтов (раздел 4.4.9).
  - k. Повысить эффективность административных процедур за счет внедрения электронных методов работы; уточнения сроков принятия решений, в том числе письменных обоснований для любого отказа; снятия требований о представлении информации<sup>77</sup>, не являющейся необходимой для определения соответствия ЭМП РЧ и устранения противоречий в требованиях действующих в СанПиН, таких как определение зоны ограничения с учетом перспективного развития и количества ПРТО (раздел 5.3).
  - l. Должен существовать независимый одно- или многоуровневый апелляционный процесс, позволяющий оспаривать решения и предоставлять дополнительную информацию (раздел 4.4.10).
4. **Рассмотреть вопрос о представительстве России в Международном консультативном комитете международного проекта ВОЗ по ЭМП.** МКК ВОЗ является важной платформой для правительств по обмену информацией и положительной практикой. Россия в настоящее время не представлена там ни государственным учреждением или министерством, что весьма нехарактерно (раздел 3)<sup>78</sup>.

<sup>77</sup> Например, не следует требовать представления договора аренды для размещения ТРФ в составе пакета документации.

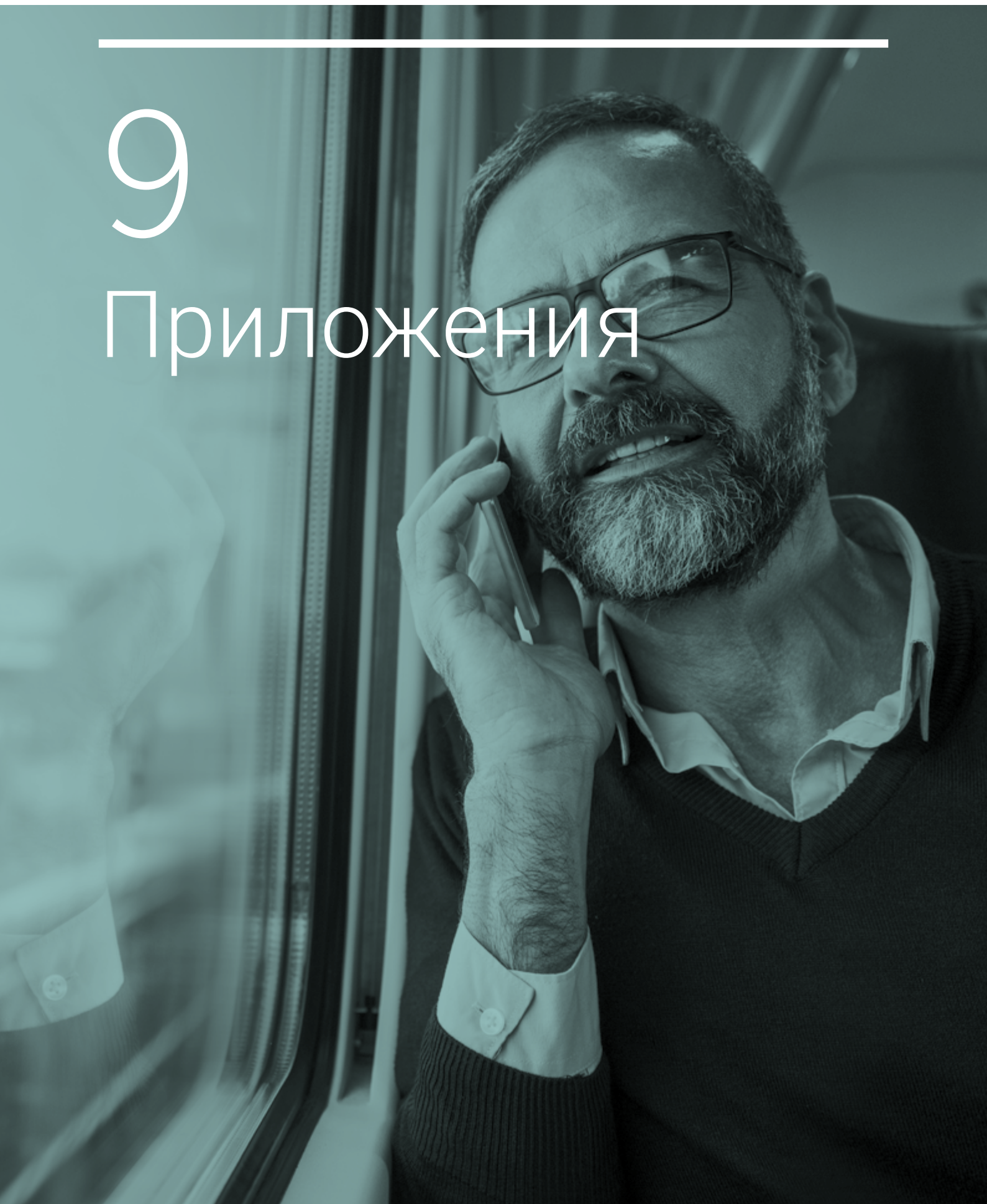
<sup>78</sup> В качестве национального контакта представлен российский Национальный комитет по защите от неионизирующего излучения <https://www.who.int/peh-emf/project/marpatreps/russianfed/en/>



---

# 9

# Приложения

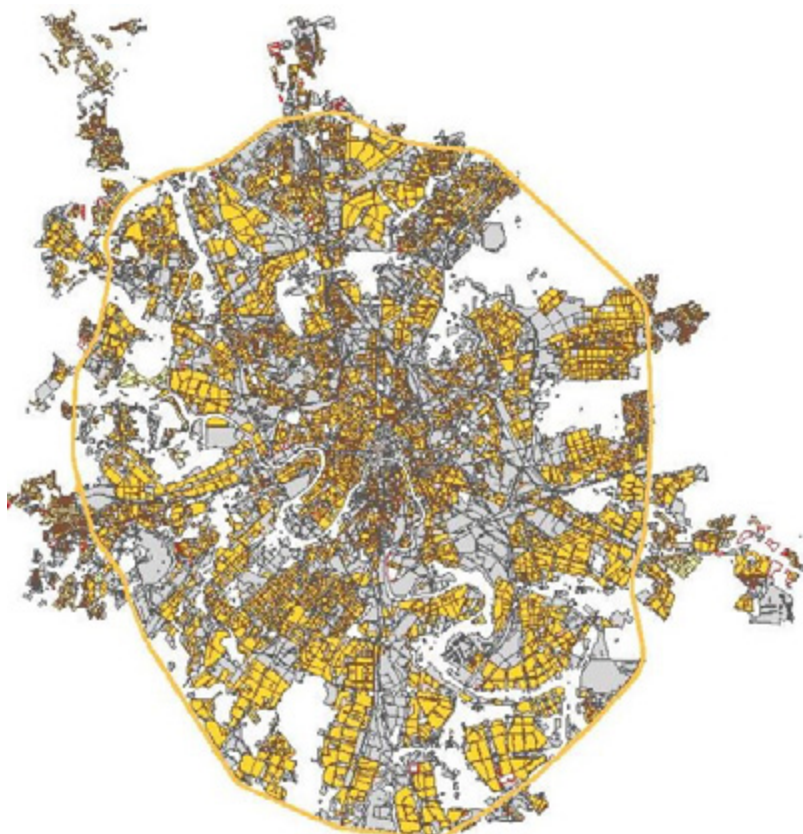


## 9.1 Сокращения

<b>1G, 2G, 3G, 4G, 5G</b>	1st to 5th generation mobile communication technologies
<b>BIPT</b>	Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission
<b>FOEN</b>	Federal Office for the Environment (Switzerland)
<b>ICES</b>	International Committee on Electromagnetic Safety
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>ICNIRP</b>	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>IOT</b>	Internet of Things
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MIMO</b>	Multiple Input Multiple Output
<b>NGMN</b>	Next Generation Mobile Network
<b>NR</b>	New Radio
<b>RFNSA</b>	Radio Frequency National Site Archive
<b>SAR</b>	Specific Absorption ratio
<b>TDD</b>	Time Division Duplex
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>БС</b>	Базовая станция
<b>ВОЗ</b>	Всемирная организация здравоохранения
<b>ГЧП</b>	Государственно-частное партнерство
<b>МКЗНИ</b>	Международный комитет по защите от неионизирующего излучения
<b>МКК</b>	Международный консультативный комитет
<b>МОТ</b>	Международная организация труда
<b>МСЭ</b>	Международный союз электросвязи
<b>МЭК</b>	Международная электротехническая комиссия
<b>НИИ</b>	Неионизирующее излучение
<b>НПО</b>	Неправительственная организация
<b>ПО</b>	Программное обеспечение
<b>ППМ</b>	Плотность потока мощности
<b>ПРТО</b>	Передающий радиотехнический объект
<b>РЧ</b>	Радиочастота
<b>СанПиН</b>	Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы
<b>ЭМП</b>	Электромагнитное поле

## 9.2 Распределение клаттеров на территории Москвы (МКАД+)

**Таблица 8** Распределение клаттеров на территории Москвы (МКАД+)



Клаттер	Площадь (км <sup>2</sup> )
Открытые площади	8.52
Вода	31.6
Низкий лес	0.15
Высокий лес	103.31
Парки	77.8
Растения	0.65
Кусты	0.04
Трава	51.49
Плотная городская застройка	269.33
Городская застройка средней плотности	225.16
Поселки	22.055
Спортивные объекты	6.12
Промышленные зоны	99.99

## 9.3 Руководящие принципы МКЗНИ по воздействию ЭМП РЧ (2020)

Руководящие принципы МКЗНИ (2020) устанавливают признанные на международном уровне передовые методы контроля безопасности воздействия на человека ЭМП РЧ. Они предписывают допустимые пределы воздействия, которые обеспечивают достаточную защиту от научно установленных механизмов причинения вреда здоровью. Для радиоизлучений телекоммуникационных объектов единственным установленным риском является чрезмерное нагревание тканей из-за энергии, поглощенной от поступающего ЭМП РЧ.

Ниже кратко излагаются некоторые ключевые особенности руководств МКЗНИ (2020), однако для получения более подробной информации следует ознакомиться с полным текстом руководства.

Пределы воздействия, указанные в руководящих принципах МКЗНИ, представлены в виде основных ограничений и контролируемых уровней. Основные ограничения сформулированы в метриках, которые количественно определяют воздействие ЭМП РЧ внутри или на поверхности тела и, следовательно, тесно связаны с установленными механизмами

биологических эффектов.

Для каждого основного ограничения и контролируемых уровней руководящие принципы МКЗНИ определяют два отдельных типа пределов воздействия: для персонала, который подвергается профессиональному воздействию ЭМП РЧ, и остального населения. Предельные уровни облучения для населения в целом ниже, чем для персонала, поскольку они включают дополнительный защитный фактор для обеспечения безопасного облучения для всех лиц независимо от их возраста и состояния здоровья (включая детей и беременных женщин), а также для непрерывного круглосуточного облучения до предельных уровней.

Для телекоммуникационных объектов в качестве основных ограничений<sup>79</sup> применяются удельная скорость поглощения энергии (SAR) и поглощенная плотность потока мощности (Sab). Данные величины приведены в Таблице 9.

**Таблица 9** Основные ограничения МКЗНИ (2020) для интервалов усреднения  $\geq 6$  мин

Вид воздействия	Диапазон частот	SAR (Вт/кг), усредненное по всей поверхности тела	Локальное значение (Голова/туловище)	Локальное значение (конечности) SAR (Вт/кг)	Локальное значение Sab (Вт/м <sup>2</sup> )
В производственных условиях	100 кГц - 6 ГГц	0.4	10	20	NA
На население	>6 to 300 ГГц	0.4	NA	NA	100
	100 кГц - 6 ГГц	0.08	2	4	NA
	>6 - 300 ГГц	0.08	NA	NA	20

1. NA – данная величина неприменима, т.е. не учитывается при проверке соответствия.

2. Среднее значение SAR для тела человека усредняется по времени за 30 минут воздействия.

3. Локальные значения SAR и Sab усредняются по времени за 6 минут воздействия

4. Локальные значения SAR следует усреднять по объему 10г ткани

5. Локальное значение Sab должно быть усреднено по площади поверхности тела 4 см<sup>2</sup>. Выше 30 ГГц накладывается дополнительное ограничение усреднением по площади поверхности тела площадью 1 см<sup>2</sup> величиной, в 2 раза более строгой, чем при ограничении 4 см<sup>2</sup>.

<sup>79</sup> Также в руководствах МКЗНИ (2020) приводятся значения уровней основных ограничений для малых промежутков времени воздействия с интервалами усреднения от 0 до 6 мин для защиты от воздействий от некоторых импульсных сигналов, вызывающих быстрый рост температуры.



Основные ограничения по (SA)SAR и по (Uab) Sab введены для защиты от вредных тепловых эффектов, возникающих в результате поглощения энергии ЭМП РЧ в организме. Особые основные ограничения SAR предусмотрены для защиты от тепловых воздействий всего тела (например, теплового удара), а также для защиты от локального нагрева тканей. Более низкие локальные пределы SAR определены для головы и туловища с учетом более чувствительных к тепловому воздействию органов как глаза и семенные железы. Основные ограничения по поглощенной плотности потока мощности применимы на частотах выше 6 ГГц, где мощность от ЭМП РЧ в основном поглощается у поверхности тела.

Поскольку соблюдение основных ограничений трудно проверить на практике, руководящие принципы МКЗНИ также предусматривают альтернативные ограничения, называемые контролируруемыми уровнями, которые сформулированы величинами более практичными для оценки. Для телекоммуникационных объектов контролируемые уровни<sup>80</sup> являются пределы воздействия окружающего человека падающих электрического (Einc в В/м) и магнитного (Hinc, в А/м) полей, а также плотности потока мощности (Sinc, в Вт/м<sup>2</sup>). Значения применяемых контролируемых уровней при воздействии на все тело, усредненные в течение 30 мин, приведены в таблице 10.

**Таблица 10** Контролируемые уровни МКЗНИ (2020), усредненные в течение 30 мин по всей поверхности тела

Вид воздействия	Диапазон частот	Einc (В/м)	Hinc (А/м)	Sinc (Вт/м <sup>2</sup> )
<b>В производственных условиях</b>	0.1 – 30 МГц	660/fM <sup>0.7</sup>	4.90/fM	NA
	>30 – 400 МГц	61	0.16	10
	>400 – 2000 ГГц	3fM <sup>0.5</sup>	0.008fM <sup>0.5</sup>	fM/40
	>2 – 300 ГГц	NA	NA	50
<b>На население</b>	0.1 – 30 МГц	300/fM <sup>0.7</sup>	2.2/fM <sup>0.7</sup>	NA
	>30 – 400 МГц	27.7	0.073	2
	>400 – 2000 МГц	1.375fM <sup>0.5</sup>	0.0037fM <sup>0.5</sup>	fM/200
	>2 – 300 ГГц	NA	NA	10

Примечания:

1. NA – данная величина неприменима, т.е. не учитывается при проверке соответствия.
2. fM – частота в МГц.
3. Sinc, Einc, Hinc должны быть усреднены в течение 30 минут, по всей поверхности тела. Временное и пространственное усреднение каждого из Einc и Hinc должно проводиться путем усреднения по квадратам соответствующих значений (См. уравнение 8 Приложения А к руководящим принципам МКЗНИ(2020)).
4. Для частот от 100 кГц до 30 МГц, независимо от различий в дальней и ближней зонах поля, соответствие имеет место, если ни Einc, ни Hinc не превышают вышеуказанные значения порогового уровня.
5. Для частот от >30 МГц до 2 ГГц: а) в дальней зоне: соответствие имеет место, если Sinc, Einc или Hinc не превышают вышеуказанных значений контролируемого уровня (требуется соблюдение только одного условия); Seq может быть заменена Sinc; б) в зоне ближнего излучаемого поля соответствие имеет место, если Sinc или оба Einc и Hinc не превышают вышеуказанных значений контролируемого уровня; и в) в реактивной зоне реактивного ближнего поля: соответствие имеет место, если оба Einc и Hinc не превышают вышеуказанных значений контролируемого уровня; Sinc нельзя использовать для определения соответствия требованиям, поэтому необходимо оценить основные ограничения.
6. Для частот от >2 ГГц до 300 ГГц: а) в дальней зоне: соответствие имеет место, если Sinc не превышает вышеуказанных значений контролируемого уровня; Seq может быть заменено на Sinc; б) в зоне излучаемого ближнего поля соответствие имеет место, если Sinc не превышает вышеуказанных значений контролируемого уровня; и в) в реактивной зоне реактивного ближнего поля контролируемые уровни не могут использоваться для определения соответствия, и поэтому необходимо оценить основные ограничения.

<sup>80</sup> Также в руководствах МКЗНИ (2020) приводятся значения контролируемых уровней при локальном воздействии и для малых промежутков времени воздействия.

## 9.4 Детали расчетной модели ЭМП РЧ для Рис.7

Санитарно-защитные зоны ЭМП РЧ, изображенные на рис. 7, были рассчитаны с использованием коммерческого программного обеспечения «IXUS RF-EMF compliance», разработанного компанией Alphawave<sup>81</sup>. Отчеты по оценке, выдаваемые данным ПО, обычно принимаются национальными регулирующими органами по всему миру.

Расчеты IXUS для ЭМП РЧ, создаваемого моделью панельных антенн базовой станции, основаны на синтетическом методе рей-трейсинга. Для параболических антенн применяется метод цилиндрической огибающей, описанный в техническом отчете ETSI TR 102 457.

**Таблица 11** Конфигурации антенн для моделирования базовой станции, расположенной на крыше, с помощью ПО «IXUS»

Владелец	Идентификатор антенны	Модель антенны	Азимут	Высота	Диапазон	Максимальная номинальная мощность передатчика
Оператор А	A01	Kathrein 742266 V02	333°	24.9 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 2100	60 Вт
	A02	Kathrein 742266 V02	135°	24.9 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 2100	60 Вт
	A03	Kathrein 742266 V02	261°	25.2 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 2100	60 Вт
Оператор В	B01	Kathrein 742266 V02	323°	25.2 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 1800	60 Вт
	B02	Kathrein 742266 V02	82°	25.2 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 1800	60 Вт
	B03	Kathrein 742266 V02	180°	24.9 м	LTE 850	60 Вт
					LTE 1800	60 Вт

Модель сайта, изображенная на рис. 7, включает шесть антенн для диапазонов подвижной связи LTE 850, LTE 1800 и LTE 2100, данные по которым приведены в таблице 11.

Расчеты с использованием ПО «IXUS» проводились исходя из предположения, что все радиопередатчики сайта работают при максимальной номинальной мощности (маловероятно в реальности<sup>82</sup>), что дает суммарную мощность излучения сайта 720 Вт. Для расчета санитарно-защитных зон ЭМП

РЧ производится суммирование от всех антенн, работающих одновременно.

Интервал погрешности для 95% вероятности (двухстороннее распределение) расчетов уровней воздействия ЭМП РЧ, проведенных с помощью ПО «IXUS», оценивается как ±3,0 дБ (-50%, +200%) в областях, удаленных от антенны, и не зависит от эффектов рассеивания поля. В областях, очень близких к антенне, погрешность возрастает до ±4,2 дБ (-38%, +262%).

<sup>81</sup> IXUS website can be viewed at: <https://ixusapp.com/>

<sup>82</sup> Influence of traffic variations on exposure to wireless signals in realistic environments, Mahfouz et al., Bioelectromagnetics, 33(4):288-297, May 2012 (<http://dx.doi.org/10.1002/bem.20705>)

Следует отметить, что данные оценки погрешности не учитывались при оценке уровней воздействия ЭМП РЧ на рис. 7, и использовались только наилучшие их оценки воздействия ЭМП РЧ. Если бы верхняя граница значений погрешности была добавлена к

оцениваемому уровню, как того требуют СанПиНы, то рассчитанные санитарно-защитные зоны для ЭМП РЧ с использованием российских пределов были бы существенно больше.

## 9.5 Оценка соответствия РЧ ЭМП для активных антенных систем

Как обсуждалось в разделе 4.3, возрастающее использование интеллектуальных антенн (адаптивных антенных систем) в мобильных сетях требует новых подходов к оценке соответствия требованиям РЧ ЭМП для повышения точности этих оценок.

### 9.5.1 Оценка соответствия РЧ ЭМП с использованием подхода на основе фактических максимальных значений

При обычной работе воздействие РЧ ЭМП от базовых станций мобильной сети зависит от технологии (например, от параметра рабочего цикла) и от вариаций трафика и является функцией усиления луча антенны в направлении точки измерения, как фиксированного, так и переменного (например, MIMO). Однако некоторые национальные регулирующие органы основывают свои оценки на теоретических значениях выходной мощности или конфигурациях сайтов, которые не используются на практике. Такая оценка не является точной и завышает размеры санитарно-защитных зон. Альтернативный подход описан в IEC TR 62669, где оценка соответствия требованиям основана на фактической максимальной подаваемой мощности или ЭИИМ. При этом данный подход получил дальнейшее развитие в проекте МЭК 62232 Редакция 3<sup>83</sup>.

Данный подход состоит из трех основных этапов:

1. Определение фактического максимального порога, полученного из измерений или вычислительных моделей.
2. Перед введением сайта в эксплуатацию, проведение оценки соответствия требованиям РЧ ЭМП на основании фактического максимального порогового значения, и использование механизмов, гарантирующих не превышение этого порога со временем.
3. Во время работы отслеживание фактической передаваемой мощности или ЭИИМ, и, если конфигурация сайта изменяется, обновление оценки соответствия РЧ ЭМП сайта.

Дополнительные сведения приведены на Рисунке 13 з проекта IEC 62232 Редакция 3.

<sup>83</sup> Содержимое данного раздела основано на данных, приведенных в проекте IEC CD 62232 Редакция 3 от 20 декабря 2019г.

**Рис. 13:** Блок- схема оценки соответствия установки объекта для сайта или сектора базовой станции с использованием подхода на основе фактических максимальных значений.



### 9.5.2 Учет понижающих коэффициентов при оценке РЧ ЭМП

Теоретические исследования<sup>84,85</sup> показывают, что сети 5G, использующие адаптивные антенные системы, не работают на своей теоретической максимальной мощности, и что управление лучом уменьшает фактическое воздействие. Во Франции ANFR<sup>86</sup> допускает учет влияния TDD и управления лучом в методах оценки соответствия РЧ ЭМП для сайтов 5G (см. Также таблицу 3 на стр.19 данного отчета).

Как правило, сайт 5G может использовать смесь пассивных и активных антенн. Использование понижающего множителя для учета непостоянного уровня мощности всех передатчиков из-за наличия вариаций в трафике и использования TDD, а также вклада, создаваемого AAC при расчете общей плотности энергии электромагнитного поля на объекте представлено уравнением (1):

$$\left( \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \gamma \sum_{j=1}^m \alpha_j S_j \right) < S_{max}$$

где

$\alpha_i$  – понижающий фактор учитывающий тип и параметры дуплекса (например,  $\alpha = 0.75$  для TDD (UL: DL=1:3), для FDD  $\alpha = 1$ ), см. Приложение 9.6,

$\gamma$  понижающий множитель для AAC, например,  $\gamma = 0,1$ ,  
 $n$  – количество радиопередающих устройств с пассивными антеннами,

$m$  – количество радиопередающих устройств с mMIMO.

<sup>84</sup> Time-averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations using Massive MIMO, Thors et al., IEEE Access, 18 September 2017 (<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2753459>)

<sup>85</sup> A Statistical Approach for RF 7673 Exposure Compliance Boundary Assessment in Massive MIMO Systems, Baracca et al., International 7674 Workshop on Smart Antennas (WSA), Bochum (Germany), March 2018 (<https://arxiv.org/abs/1801.08351>)

<sup>86</sup> [Technical guide: modeling radio sites and safety perimeters for the public]. ANFR. Version 6. October 2019.



**GSMA HEAD OFFICE**

Floor 2  
The Walbrook Building  
25 Walbrook  
London EC4N 8AF  
United Kingdom  
Tel: +44 (0)20 7356 0600  
Fax: +44 (0)20 7356 0601

