

## НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

УДК 537.8:611.08:614.876

# СТАНДАРТ 5G – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СКАЧОК ВПЕРЕД В СОТОВОЙ СВЯЗИ: БУДЕТ ЛИ ПРОБЛЕМА СО ЗДОРОВЬЕМ У НАСЕЛЕНИЯ? (ПОГРУЖЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ)

© 2020 г. Ю. Г. Григорьев<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

<sup>2</sup> Российская комиссия по защите от неионизирующего излучения, Москва, Россия

\*E-mail: profgrig@gmail.com

Поступила в редакцию 19.03.2020 г.

После доработки 05.06.2020 г.

Принята к публикации 28.08.2020 г.

Рассматриваются вопросы внедрения стандарта 5G системы сотовой связи. В отличие от уже существующих беспроводных технологий 2G, 3G и 4G, где используются электромагнитные поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), стандарт 5G работает с миллиметровыми волнами (ММВ) с одновременным распространением программы IoT (Internet of Things) – интернет-связь между “вещами”, как домашнего употребления, так и другими объектами, например, на транспорте, на производстве. Для стабильной дополнительно доставки ММВ на всю территорию нашей планеты в настоящее время в космосе уже находятся более 800 спутников. ММВ легко экранируются зданиями, листвою деревьев. На распространение ММВ влияют погодные условия – дождь, снег, туман. Учитывая это, под воздействием будут находиться только кожа и слизистые. При оценке опасности ММВ возникает новый критический орган – функциональная система кожи. Головной мозг и щитовидная железа остаются критическими органами для технологий 3 и 4G. Это принципиальное отличие ставит новые вопросы. Во-первых, техническая часть обеспечения данного вида связи (большого числа антенн базовых станций с фазированной решеткой на единицу площади с поддержкой через спутниковую связь). Во-вторых, отсутствие методов измерения ММВ в “ближней зоне”, согласованной методологии гигиенического нормирования, имеются лишь предположения о возможных биологических эффектах при пожизненном воздействии ММВ на население и экосистемы. Целенаправленные исследования до сих пор не проводятся. Критически рассмотрены значимость радиобиологических критериев и степень риска с учетом комбинированного воздействия на население различных по частоте ЭМП. Сформулированы рекомендации по снижению электромагнитной нагрузки на организм населения.

**Ключевые слова:** 5G-стандарт, миллиметровые волны, сотовая связь, критический орган, кожа, склера глаз, рекомендации по снижению опасности

**DOI:** 10.31857/S0869803120060181

Уже более чем два года активно внедряется 5G-стандарт. Стандарт 5G основан на использовании электромагнитных волн очень высокой частоты – миллиметрового диапазона (ММВ). Этот стандарт обеспечивает “сверхбыстрый интернет”.

ММВ имеют свои существенные особенности: легко экранируется зданиями, листом бумаги, растениями, могут отражаться металлическими поверхностями. На распространение ММВ влияют погодные условия – дождь, снег, туман.

Естественно, для покрытия определенной территории сотовой потребуются увеличение количества базовых станций (БС). Например, при радиусе соты 20 м потребуются около 800 базовых станций на площадь 1 км<sup>2</sup>, расположенных в 3–5 м от потребителя. Это резко контрастирует, напри-

мер, со стандартами 3G и 4G, которые используют большие ячейки и имеют радиусы действия своих сот в диапазонах от 2 до 15 км и более. Это позволяет охватывать большую территорию и требуется меньшее число БС.

Естественно, для обеспечения связи с помощью 5G-технологии потребуются огромное количество БС. Эти БС с микроантенными будут окружать нас всюду: в квартире, на лестничных клетках, на всех перекрестках и т.д. По данным [1] только в Калифорнии потребуются дополнительно более 50 000 БС. В школьных или офисных зданиях на каждом этаже планируется разместить несколько микроволновых антенн, так называемых “Маленьких ячеек”.

Антенны могут иметь размеры около нескольких миллиметров, а антенные ячейки – малые габариты.

Для “более удобного и легкого образа жизни” предлагается также реализовать новое поколение более коротких высокочастотных волн 5G для связи по программе “Интернет вещей” (Internet of Things – IoT). Это сеть, которая связывает различные объекты с интернетом. Согласно оценкам, для IoT должно быть от 10 до 20 млрд подключений к холодильникам, стиральным машинам, камерам наблюдения, автомобилям с автоматическим управлением, автобусам, к дорожному полотну и т.д. Все это вызовет экспоненциальное увеличение общего долгосрочного воздействия ЭМП на население.

Для обеспечения глобальной связи в марте 2018 г. Федеральная комиссия по связи США (FCC US) утвердила план фирмы “Space X” о запуске вокруг Земли 4425 спутников. В 2020 г. уже запущено более 800 спутников. В настоящее время фирма SpaceX обратилась к FCC US с просьбой увеличить количество спутников до 12000, чтобы обеспечить из космоса “сверхбыстрый, без запаздывания 5G-интернет” на каждый квадратный дюйм земли. Сегодня спутники считаются неотъемлемой частью запуска стандарта 5G и, как следствие, Интернет будет действовать по всей планете.

Фактически мы все будем находиться пожизненно в электромагнитной сетке с мелкой ячейкой, “выскочить” из которой никто не сможет.

В 2015 г. более 260 ученых и врачей обратились в ООН с просьбой объявить мораторий на развертывание 5G до тех пор, пока независимые от отрасли ученые смогут полностью и объективно оценить риски для здоровья, связанные с этой новой технологией [2]. Однако в настоящее время внедрение в структуры сотовой связи стандарта 5G во многих странах идет настойчиво и быстро при полном отсутствии государственных научных программ по оценке опасности для здоровья населения.

### ФОРМИРОВАНИЕ ММВ-ПОЛЯ. ДОЗИМЕТРИЯ

Поля радиоизлучения 5G сильно отличаются от полей предыдущих поколений из-за их сложности с формированием луча для передачи в обоих направлениях – от базовой станции к трубке и для возврата. Хотя поля сильно сфокусированы лучами, но они быстро изменяются как во времени, так и при своем движении, и поэтому непредсказуемы.

Кроме того, радиочастотные поля нисходящей линии связи 5G генерируют значительно более высокую плотность мощности (PD) и удельную

скорость поглощения (SAR), чем современная сотовая система. Эта повышенная экспозиция может быть вызвана не только использованием более высоких частот в 5G, но также и возможностью объединения различных сигналов, их динамической природой и сложными эффектами помех, которые могут возникнуть, особенно в густонаселенных городских районах.

Проблема заключается в том, что в настоящее время невозможно точно не только смоделировать или измерить выбросы 5G в окружающую среду, но и взаимодействие ММВ с биологическими структурами. Это необходимо в первую очередь оценить в реальных ситуациях, за пределами лаборатории.

Специалисты понимают, что измерения мощности поглощенной дозы (МПД) в технологии 5G имеют решающее значение для определения гигиенического стандарта. Однако существующие методологии, предназначенные для измерений предельно допустимых уровней (ПДУ) в сетях 2G, 3G и 4G, не подходят для 5G. Использование новых подходов в дозиметрии 5G обусловлено, например, в реализации этой технологии новых типов усиливающих антенн, в необходимости точного формирования луча вместе с более высокими частотными полосами, что в свою очередь может привести к значительным завышенным результатам. Пока лишь предлагаются альтернативные методы дозиметрии ММВ, которые основаны пока на расчетах и моделировании [3, 4]. Например, описаны близкая измерительная система и метод реконструкции трехмерного поля для определения плотности мощности в ближнем поле ММВ [5].

### НОРМИРОВАНИЕ ЭМИ С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ММВ И НОВЫХ КРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ – КОЖИ И СЛИЗИСТЫХ

Введение новых источников излучения, работающих параллельно с уже существующими мобильными технологиями 2G/3G/4G, может побудить промышленность к лоббированию повышения существующих нормативов. В связи с этим проблема нормирования приобретает особую значимость. Гармонизированные нормативы – залог безопасности воздействия вредного по своей сути ЭМП на организм населения. Эта проблема требует более подробного рассмотрения.

В настоящее время, с нашей точки зрения, с учетом появления нового критического органа – кожного покрова и слизистых, отсутствуют нормативы для ММВ. Нет и базы научных данных для их обоснования. Облучение населения ММВ без нормативов, естественно, аморально, похоже на проведение “Эксперимента над населением” с

наблюдением возможного развития патологического процесса по принципу “Понаблюдаем. Что будет?” [6]. За рубежом этой ситуации уже дано название “Массовый эксперимент 5G” или “Самый большой эксперимент в истории мира”.

Основным препятствующим фактором для пересмотра рекомендованных стандартов является Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP). Однако эта Комиссия, созданная в Германии, является частной фирмой и не является государственной организацией. Тем не менее на протяжении 20 лет при определении стандартов для ЭМП члены этой Комиссии основываются только на острых и очень кратковременных тепловых воздействиях радиочастотного излучения, что противоречит реально существующим радиационным условиям. Однако их рекомендации используются большинством стран мира, несмотря на то, что периодические “обновления” были внесены без учета ПДУ. Последняя публикация относится к 2020 г. [7, 8]. Однако очередной раз не было внесено никаких изменений. Полностью проигнорирован большой массив данных, свидетельствующих о возможной опасности для здоровья населения ЭМП РЧ и новых ММВ.

ICNIRP при поддержке ВОЗ и крупнейших телекоммуникационных компаний прикладывает значительные усилия, чтобы убедить страны всего мира следовать их руководящим принципам [9]. Однако многие страны самостоятельно вводят более жесткие нормативы. На протяжении 17 лет страна за страной стали ужесточать стандарты ЭМП РЧ. На сегодня более 12 стран ввели в действие более жесткие нормативы, чем, например, в России: Австрия, Италия, Канада, Бельгия, Китай, Испания, Бразилия, Болгария, Польша и др. Разброс ПДУ, используемых в различных странах в настоящее время, весьма велик – от 0.006 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup> [10].

Важно отметить, что с развертыванием 5-го поколения микроволнового излучения даже морально устаревшие рекомендации ICNIRP могут быть превышены. Необходимо констатировать, что отсутствуют стандарты и с учетом появления новых критических органов – кожи и глаз. Это является, с нашей точки зрения, серьезным упущением ICNIRP.

Хотя научная общественность обратилась в ООН с предложением о введении мониторинга на внедрение технологии 5G, пока не будут закончены медико-биологические исследования и получена научная база для определения стандартов [2], Белый дом США объявил 5G-технологии приоритетной в программе национальной безопасности. (Ultra-fast 5G wireless service declared national security priority by White House (<https://techcrunch.com/2017/12/19/ultra-fast-5g->

wireless-service-declared-national-security-priority-by-white-house).

Одновременно сама отрасль прибегает к недобросовестному лоббированию и активно пытается формировать мнение об отсутствии опасности технологии 5G для здоровья населения. Предлагается подождать и с пересмотром нормативов: “Сначала нам нужно посмотреть, как будет применяться эта новая технология и как будут развиваться научные данные” [11]. Это опять фактически призыв проводить “Массовый эксперимент 5G”.

ICNIRP предлагает измерять только “средние значения” радиочастотного излучения. Однако помехи и эффекты между импульсами от различных источников радиочастотного излучения могут приводить к кратковременным импульсам с более высокой плотностью, чем средние рекомендуемые ICNIRP значения плотности мощности со значением 10 Вт/см<sup>2</sup> [12]. Было четко продемонстрировано, что использование средних значений для радиационного излучения может привести к недооценке риска их воздействия [13]. Интенсивность, частота, продолжительность воздействия, поляризация, пульсация и модуляция являются ключевыми параметрами для оценки биологической активности ЭМП [14], а плотность мгновенного эффекта может быть намного сильнее, чем средние значения [15].

Импульсные магнитные поля (ИМП) в большинстве случаев гораздо более биологически активны, чем непрерывный режим при той же средней интенсивности. В исследовании [16] показано, что при использовании ММВ в рамках текущих нормативов воздействие короткими импульсными полями и частоте от 6 до 30 ГГц может привести к повышению температуры тела на 10°C.

Для нормирования прежде всего важно установить максимальное локальное повышение температуры кожи для оценки возможного повреждения тканей. В работах [17, 18], используя аналитические модели и термические дозы, было проведено определение пределов безопасности для временного 5G радиочастотного теплового воздействия на кожу. Показано, что экстремальные широкополосные беспроводные устройства, работающие выше 10 ГГц, могут передавать данные в пакетах от нескольких миллисекунд до нескольких секунд. Эти всплески могут привести к кратковременным скачкам температуры на коже облученных людей. Авторы разработали и применили новый аналитический подход к импульсному нагреву кожи. Были учтены некоторые особенности воздействия, например, применение модели для поврежденной ткани, однородности кожи. Рассмотрены ситуация локального облучения кожи и различное время воздействия. Результаты показали, что допустимое отношение “пик-к-сред”, равное 1000, может привести к по-

стоянному повреждению тканей кожи после даже коротких воздействий, что подчеркивает важность пересмотра существующих руководящих принципов воздействия. Подтверждается, что в случае использования технологии 5G нагрев кожных поверхностей будет больше [19].

Предполагается, что более высокие частоты 5G-стандарта интенсивно “всасываются” из воздуха водной составляющей человеческого пота в кожу, что может приводить к гораздо более высоким уровням поглощения, чем в других биологических структурах кожного покрова [20].

В настоящее время предлагаются несколько альтернативных методов оценки воздействия ЭМП, которые основаны на расчетах и моделировании [3]. Они позволят получить оценку распределения ММВ для таких условий, как массив ММО (множественный вход с множественным выходом), или при точечном формировании луча вместе с более высокими частотными характеристиками.

Кроме того, ранее были получены данные, что существуют так называемые окна ММВ, в которых диапазон частот более биологически активен либо для лечебных целей [21], либо могут быть достигнуты выраженные биоэффекты на клеточном уровне при определенной частоте или интенсивности [22]. Однако полученные результаты воздействия доза–эффект не были учтены в существующих правилах безопасности.

Кожа и слизистые – новые критические функциональные системы, определяющие критерии опасности для ММВ 5G-стандарта.

ММВ полностью поглощаются кожей и слизистыми. С нашей точки зрения, учитывая особенности ММВ, с введением в сотовую связь 5G-стандарта необходимо определить кожу и слизистые как критические функциональные системы жизнедеятельности организма человека.

Кожа – это сложная функциональная система, которая по многим факторам связывает организм человека с внешней средой. Однако до сих пор у некоторых ученых имеется другой подход к коже при оценке опасности: при взаимодействии микроволнового излучения и человека кожа ими традиционно рассматривается как просто поглощающий слой губки, заполненный водой.

Известно, что в коже находятся различные рецепторы (механо- и терморекцепторы, болевые рецепторы и др.) Например, болевые рецепторы представляют собой свободные нервные окончания с тонкими диализированными или немелирированными нервными волокнами. Измененная импульсация с периферии, конечно, будет влиять на функциональное состояние нервной системы и мозговых структур.

Следует особо обратить внимание на то, что кожа у взрослого и у ребенка будет иметь суще-

ственное различие в радиочувствительности. Кроме того, кожа на разных участках тела имеет свои особенности, например, около глаз и т.д.

### ММВ И ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Опасность для здоровья населения при пожизненном облучении ММВ кожи и слизистых не ясна. Эта форма микроволнового излучения, скорее всего, может повлиять на нервные клетки и другие структуры в верхней дерме. Глаза и потовые железы также будут подвергаться облучению. Не исключено, что при воздействии ММВ может измениться чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению, произойти изменения биохимической и антибиотической резистентности у патогенных бактерий и т.д. В этой связи очередной раз нужно уделить особое внимание при оценке опасности действия ММВ на кожу нашего подрастающего поколения, организм которых будет более уязвим к физическим факторам внешней среды [23].

В настоящее время проблема опасности стандарта 5G только дискутируется научной мировой общественностью, проводятся единичные исследования.

Изучение опасности для здоровья человека ЭМП РЧ, используемых ранее в сотовой связи (СС), имеет 30-летнюю историю, но, с нашей точки зрения, больше в форме дискуссии, а не в определении согласованных критериев опасности для здоровья населения, разработки согласованных международных стандартов [6, 10, 24–26].

В России впервые применили миллиметровую волновую терапию (ММВТ) низкой интенсивности в 60–80-е годы прошлого века. В основу этого направления исследования был положен принцип резонансного действия ММВ. Следует отметить, что использовали кратковременные и локальные облучения.

Несмотря на то что были отмечены некоторые положительные лечебные эффекты от кратковременного воздействия ММВ, авторы отметили, что существовали побочные эффекты, включая усталость, сонливость, аномальные ощущения, вызванные, по-видимому, давлением или повреждением периферических нервов. Итоги этих исследований были обобщены в монографии Н.Д. Девяткова, М.Б. Голанта, О.В. Бецкого (1991) [27].

Соматические биоэффекты при воздействии ММВ были подробно описаны более 20 лет назад [28]. Однако, к сожалению, в публикации не указано, какая площадь подвергалась воздействию и какова область облучаемой кожи.

Результаты исследования, с учетом хронического воздействия ММВ на кожу и слизистые, отсутствуют.

Тем не менее предварительные наблюдения при тотальном воздействии ММВ показали, что повышается температура кожи, может изменяться экспрессия генов, облучение ММВ может способствовать клеточной пролиферации и синтезу белков, связанных с окислительным стрессом, воспалительными и метаболическими процессами, вызывать повреждение глаз, влиять на нервно-мышечную динамику.

A.G. Pakhomov et al. [29] рассмотрели в своем обзоре наиболее значимые публикации, касающиеся влияния ММВ на культивируемые клетки, изолированные органы животных, на организм человека. Рассмотренные исследования продемонстрировали влияние кратковременного воздействия ММВ низкой интенсивности (10 мВт/см<sup>2</sup> и менее) на рост и пролиферацию клеток, активность ферментов, состояние генетического аппарата клетки, функцию возбудимых мембран, периферических рецепторов и других биологических систем. У животных и людей кратковременное, местное воздействие ММВ стимулировало восстановление и регенерацию тканей, облегчало стрессовые реакции и способствовало выздоровлению при широком спектре заболеваний.

В другом обзоре проанализированы 94 публикации, посвященные исследованиям влияния ММВ *in vivo* или *in vitro* в острых опытах [30]. Этот обзор в основном охватывает исследования, проведенные в диапазоне частот от 30.1 до 65 ГГц. Каждое исследование было выполнено с учетом частоты, продолжительности воздействия, плотности мощности и оптимальных и определенных критериев оценки биоэффектов. 80% исследований *in vivo* показали реакцию на воздействие, в 58% исследований *in vitro* был получен эффект. Однако не было отмечено связи между плотностью мощности, длительностью или частотой ЭМП. По мнению авторов, проанализированные исследования не дают адекватной и достаточной информации для значимой оценки безопасности или для решения вопроса о нетепловых эффектах.

Приведенные результаты воздействия ММВ на клеточные мембраны пока считаются основной мишенью для взаимодействия между ММВ и биологическими системами. Однако многие из этих описанных эффектов являются довольно неожиданными, так как являются результатом воздействия ММВ, проникающих менее чем на 1 мм в биологические ткани. Ни один из результатов, описанных в вышеупомянутых обзорах, не был воспроизведен в независимой лаборатории, поэтому они не могут рассматриваться как установленные биологические эффекты.

Добавление ММВ 5G-стандарта к уже сложному сочетанию более низких частот будет создавать коктейль с различными частотами ЭМП и

формами модуляции. Это может повлечь, с нашей точки зрения, к серьезным непрогнозируемым последствиям для здоровья населения [31]. Добавление высокочастотной радиации 5G-стандарта к частотам более низкого уровня будет способствовать негативному действию на физическую и психическую функцию здоровья [32].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новая проблема всегда рождает многие трудности. Внедрение дополнительной 5G-технологии высветило необходимость срочного решения многих задач и, прежде всего, проблемы радиобиологические, гигиенического нормирования, оценку риска для здоровья населения. К критическому органу для 2-4G, коим является головной мозг, может “присоединиться” еще одна мишень – слизистые и кожные покровы.

В связи с этим являются оправданными призывы научного сообщества объявить мораторий на развешивание технологий 5G до завершения необходимых научных исследований [2]. Рациональная политика регулирования будущей телекоммуникационной инициативы требует более тщательной оценки рисков для здоровья человека и окружающей среды. Необходимо, наконец, гармонизировать гигиенические стандарты, чтобы они соответствовали соответствующим результатам неангажированной науки.

Имеется много отрицаний и путаницы в отношении рисков для здоровья и окружающей среды ЭМП сотовой связи. В настоящее время эта ситуация нами оценивается как хаос в проблеме оценки опасности ЭМП сотовой связи для населения [6], как “неконтролируемый глобальный эксперимент над здоровьем человечества” [33]. В 2020 г. случился уже глобальный эксперимент с человечеством – пандемия COVID-19. Нужен ли следующий?

Идея о том, что организм человека может переносить ММВ, основана на ошибочном предположении, что поверхностное поглощение кожей безвредно. Это может иметь катастрофические последствия для здоровья населения на всей планете. Если мы не примем мер предосторожности и будем ждать неоспоримых доказательств причинения вреда здоровью населения и экосистем от возрастающей интенсивности воздействия ЭМП, то это будет аморально и потом будет уже слишком поздно.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ (СНИЖЕНИЮ РИСКА)

На сегодня мы можем сформулировать следующие рекомендации по снижению электромагнитной нагрузки на организм:

1) необходимо резко сокращать время разговора по мобильному телефону, разговор должен быть лаконичным и обусловленный необходимостью;

2) рекомендуем источник ЭМП держать дальше от головного мозга, проще говоря, на расстоянии от уха (даже на несколько мм);

3) безопасный режим пользования (использование громкой связи, наушники, SMS, MMS, видеозвонки, WhatsApp и т.п.) позволяет значительно минимизировать негативное воздействие, что уже доказано нашими исследованиями [34].

Учитывая, что сотовая связь вошла в нашу жизнь как неотъемлемое средство связи и в этих условиях отказаться от этой связи абсолютно нереально, мы видим необходимость, во-первых, в расширении Государственных программ по исследованию биологического действия ЭМП; во-вторых, само население – пользователи сотовой связи должны принимать профилактические и защитные меры для профилактики вредного воздействия ЭМИ.

Пришло время проинформировать через СМИ все группы населения, что ЭМП относятся к вредным видам излучения. Население само должно стремиться снизить электромагнитную нагрузку на свой организм, например, приобретая тот или иной гаджет для себя и ребенка, устанавливая временной режим использования мобильного телефона, т.е. самостоятельно выбирать и соблюдать оптимальные пути снижения уровня электромагнитного воздействия. Мы предлагаем также узаконить для населения категорию “добровольного риска” [35].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Moskowitz J.M.* 5G Wireless Technology // Millimeter Wave Health Effects Radiation Safety. 2017. № 7. P. 3–8.
2. Appeal. International appeal: scientists call for protection from exposure to a non-ionizing electromagnetic field // *Eur. J. Oncol.* 2015. V. 20. № 3/4. P. 180–182.
3. *Pawlak R., Krawiec P., Żurek J.* On Measuring Electromagnetic Fields in 5G Technology // *Cite IEEE Access.* 2019. V. 7. P. 29826–29835.
4. *Keller H.* On the Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations // *Health Phys.* 2019. V. 117. № 5. P. 541–545.
5. *Douglas M.G., Pfeifer S., Kuehn S. et al.* Solutions for EM exposure assessment of 5G wireless devices // *IEEE Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility and 2018 IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC/APEMC).* 2018. IEEE, 2018. P. 92–94.
6. *Григорьев Ю.Г.* Возможность развития опухолей мозга у пользователей сотовыми телефонами (научная информация к решению Международного Агентства по исследованию (IARC) от 31 мая 2011 г.) // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2018. Т. 58. № 6. С. 633–645. [*Grigoriev Yu.G.* Possibility of developing brain tumors in cell phone users (scientific information to the decision of the International Agency for Research (IARC) dated May 31, 2011) // *Radiats. biology. Radioecology.* 2018.V. 58. № 6. P. 633–645. (In Russian)]
7. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) // *Health Phys.* 1998. V. 74. С. 494–522.
8. IEEE. International Committee on Electromagnetic Safety. Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, up to 300 GHz. IEEE Std C95.1-2019.
9. *Hardell L.* World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review) // *Int. J. Oncol.* 2017. V. 51. № 2. P. 405–413.
10. *Grigoriev Yu.G.* Chapter 9. Radiobiological Arguments for Assessing the Electromagnetic Hazard to Public Health for the Beginning of the Twenty-First Century: The Opinion of the Russian Scientist. In book *Mobile Communications* // Ed. Marko Markov. 2019. Francis Group, LLC. P. 223–236.
11. *Foster K.* 5G is Coming: How Worried Should We Be about the Health Risks? So far, at least, there's little evidence of danger // *Y. Scientific American. Free Editorial News letters.* Sep. 2019. P. 4–6.
12. *Puranen L.* Puranen L: Altistumisen mittausta ja laskentamallit, 2018. P. 457–458, 2018 (In Finnish). [Электронный ресурс] [https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/6\\_10.pdf/588055cc-7672-446a-a12a-570df87b3599](https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/6_10.pdf/588055cc-7672-446a-a12a-570df87b3599)
13. *Panagopoulos D.J.* Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: Detection of apoptotic cell-death features // *Mutat. Res.* 2019. V. 781. P. 53–62.
14. *Григорьев Ю.Г.* Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 1996. Т. 36. Вып. 5. С. 659–670. [*Grigoriev Yu.G.* The role of modulation in the biological effect of electromagnetic radiation // *Radiats. biology. Radioecology.* 1996. V. 36. Issue 5. S. 659–670. (In Russian)]
15. *Жаворонков Л.П., Петин В.Г.* Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения. М.: ГЕОС, 2018. 231 с. [*Zhavoronkov L.P., Petin V.G.* The role of modulation in the biological effect of electromagnetic radiation. М.: GEOS, 2018. 231 s. (In Russian)]
16. *Neufeld E., Samaras T., Kuster N.* Discussion on the limitations of spatial and temporal averaging as part of the safety of electromagnetic exposure in the frequency range above 6 GHz for pulsed and localized effects // *Bioelectromagnetics.* 2020. V. 41. № 2. P. 164–168.
17. *Neufeld E., Kuster N.* Systematic determination of safety limits for the time-varying exposure to 5G radio frequency based on analytical models and thermal dose // *Health Phys.* 2018. Sep. 21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30247338>

18. *Neufeld E., Carrasco E., Murbach M. et al.* Theoretical and numerical assessment of maximally allowable power-density averaging area for conservative electromagnetic exposure assessment above 6 GHz // *Bioelectromagnetics*. 2018. V. 39. Issue 8. P. 617–630.
19. *Silva H.G.* Silva H. What is 5g technology and what are its dangers // *Environmental Health Trust*. 2020. 21 January. [Электронный ресурс] URL: <https://ehtrust.org/what-is-5g-technology-and-what-are-its-dangers>.
20. *Betzalel N., Ben Ishai P., Feldman Y.* The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? // *Environ Res*. 2018. V. 163. P. 208–216.
21. *Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М. Б.* Научные обоснования возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии // Сб. научных трудов. Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. Пушино, 1986. С. 75–94. [*Devyatkov N.D., Betsky O.V., Golant M.B.* Scientific substantiation of the possibility of using low-power millimeter-wave electromagnetic radiation in medicine and biology // *Coll. scientific papers. Biological effects of electromagnetic fields. Questions of their use and regulation. Pushchino*, 1986. S. 75–94. (In Russian)]
22. *Эйду В.* Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань // ТИИР. 1980. Т. 68. № 1. С. 140–148. [*Adie V.* Frequency and energy windows under the influence of weak electromagnetic fields on living tissue // ТИИР. 1980. V. 68. № 1. S. 140–148. (In Russian)]
23. WHO. Healthy environments for children // *Backgrounder*. № 3. 2003. 3 p.
24. *Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А.* Сотовая связь и здоровье: Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности. М.: Экономика, 2013. 266 с. [*Grigoriev Yu.G., Grigoriev O.A.* Cellular and health: Electromagnetic environment. Radiobiological and hygienic problems. Hazard forecast. M.: Economics, 2013. 266 p. (In Russian)]
25. *Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Бирюков А.П.* Электромагнитное поле сотовой связи, как неблагоприятный антропогенный фактор окружающей среды // Мат. пленума Науч. совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РФ. 2013. С. 89–91. [*Grigoriev Yu.G., Grigoriev O.A., Biryukov A.P.* The electromagnetic field of cellular communication as an unfavorable anthropogenic factor in the environment // *Materials of the Plenum of the Scientific Council on Human Ecology and Environmental Hygiene of the Russian Federation*. 2013. S. 89–91. (In Russian)]
26. *Григорьев Ю.Г.* Значимость адекватной информации об опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения в 21 веке. Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений // Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: Сб. докл. Всерос. науч. конф., 148–151. Москва, 12–13 ноября 2019 г. М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2019. С. 22–25. [*Grigoriev Yu.G.* The importance of adequate information about the danger of EMF of cellular communication for public health in the 21st century. Topical issues of radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation // *Topical issues of radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation: Collection of reports of the All-Russian scientific conference*, 148–151. Moscow, 12–13 November 2019. M.: Russian National Committee for Non-Ionizing Radiation Protection, 2019. S. 22–25. (In Russian)]
27. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Миллиметровые волны в медицине и биологии. М.: Радио и связь, 1991. 168 с. [*Devyatkov N.D., Golant M.B., Betsky O.V.* Millimeter waves in medicine and biology. M.: Radio and communication, 1991. 168 p. (In Russian)]
28. *Лебедева Н.Н.* Реакции центральной нервной системы человека на электромагнитные поля с различными биотропными параметрами // Биомед. радиоэлектроника. 1998. № 1. С. 24–36. [*Lebedeva N.N.* Reactions of the human central nervous system to electromagnetic fields with different biotropic parameters // *Biomedical Radioelectronics*. 1998. № 1. S. 24–36. (In Russian)]
29. *Pakhomov A.G., Akyel Y., Pakhomova O.N. et al.* Current State and Implications of Research on Biological Effects of Millimeter waves: A Review of the Literature // *Bioelectromagnetics*. 1998. V. 19. № 7. P. 393–413.
30. *Simkó M., Mattsson M.* 5G wireless connectivity and health effects. Pragmatic overview based on available studies covering frequencies from 6 to 100 GHz // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019. V. 13. № 18. P. 3406.
31. *Григорьев Ю.Г., Сидоренко Ф.В.* Электромагнитные поля нетеплового уровня и оценка возможности развития судорожного синдрома // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 5. С. 552–559. [*Grigoriev Yu.G., Sidorenko F.V.* Electromagnetic fields of non-thermal level and assessment of the possibility of developing convulsive syndrome // *Radiation Biology. Radioecology*. 2010. T. 50. № 5. S. 552–559. (In Russian)]
32. *Russel C.* 5G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. // *Environmental studies*. Available online April 11, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.016>
33. *Markov M., Grigoriev Yu.G.* Wi-Fi technology – an uncontrolled global experiment on the health of mankind // *Electromagn. Biol. Med*. 2013. V. 32. № 2. P. 200–208.
34. *Grigoriev Yu.G., Khorseva N.I.* Chapter 10. A Longitudinal Study of Psychophysiological Indicators in Pupils Users of Mobile Communications in Russia (2006–2017): Children Are in the Group of Risk // *Mobile Communications and Public Health / Ed. Marko Markov*. 2019. Francis Group, LLC. P. 223–236.
35. *Grigoriev Yu.G.* Four indisputable postulate / truth to the risk assessment of mobile communications for public health (our opinion) // *SANCO EMF Workshop*. Brussels, 20. 02. 2013. P. 34–35.

## 5G Standard – Technological Leap Ahead for Cellular Communication. Will There be a Problem with the Health of the Population? (Diving in problem)

Yu. G. Grigoriev<sup>a,b,#</sup>

<sup>a</sup> *A.I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center, Moscow, Russia*

<sup>b</sup> *Russian Commission for Protection Against Non-Ionizing Radiation, Moscow, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: profgrig@gmail.com*

The issues of introducing 5G standard in a cellular communication system are considered. Unlike the existing wireless technologies 2G, 3G and 4G, which use electromagnetic fields of the radio frequency range (EMF RF), the 5G standard works with millimeter waves (MMW) while distributing the IoT (Internet of Things) program – Internet connection between “things”, both at home use, and other objects, for example, in transport, in production. For the stable additional delivery of MMW to the entire territory of our planet, currently more than 800 satellites are already in space. MMW easily shielded. The spread of MMW is affected by weather conditions. Given this, only skin and mucous membranes will be affected. When assessing the danger of MMW, a new critical organ arises – the functional system of the skin. The brain remains a critical organ for 3 and 4G technologies. This fundamental difference raises new questions. Firstly, the technical part of providing this type of communication (a larger number of base station antennas with a phased array per unit area with support via satellite). Secondly, the lack of methods for measuring the MMW in the “near zone”, an agreed methodology of hygienic regulation. There are only assumptions about the possible biological effects of lifelong exposure to MMW on populations and ecosystems. Targeted research has not yet been conducted. The significance of radiobiological criteria and the degree of risk are examined critically, taking into account the combined effects on the population of EMFs of different frequencies. Recommendations are formulated to reduce the electromagnetic load on the body.

**Keywords:** 5G standard, millimeter waves, cellular, critical organ, skin, sclera of the eye, hazard reduction recommendations