

**д.б.н. Перов С.Ю., к.б.н. Белая О.В.**

Федеральное государственное бюджетное научное  
учреждение «Научно-исследовательский институт  
медицины труда  
имени академика Н.Ф. Измерова»  
г. Москва



**ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В  
ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ СОТОВОЙ  
СВЯЗИ**

**Санкт-Петербург  
2024**

**Актуальность.** Разработка и практическое применение новых систем связи и беспроводных технологий передачи данных является мировой тенденцией, затрагивающей разнообразные сферы деятельности человека и характеризующей уровень цифровизации общества. В условиях развития сетей сотовой связи поколения 5G, которые являются источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) новых режимов генерации, особо актуальны вопросы гигиенической оценки и инструментального контроля фактора в производственной и окружающей среде. В настоящее время наблюдается технологическое отставание [1-3] отечественной практики гигиенической оценки ЭМП РЧ, создаваемых системами сотовой связи, от международной практики [4], в частности отсутствие методологии частотно- и кодо-селективных измерений не позволяет контролировать вклад отдельных источников ЭМП РЧ в общий электромагнитный фон, выделять базовые станции (БС) перспективных стандартов на фоне эксплуатации систем действующих поколений 2-4G, а также прогнозировать максимально возможные уровни экспозиции, наихудшие с гигиенической точки зрения.

**Цель исследования:** оценка возможных уровней ЭМП РЧ, создаваемых при эксплуатации базовых станций поколения 5G, с применением частотно-селективных измерений.

**Материалы и методы.** Натурные исследования проводились на территории пилотной зоны тестирования сети мобильной связи поколения 5G, работающей в полосе 100 МГц диапазона FR1 (n79) стандарта 5G NR IMT-2020, БС оснащены антеннами типа massive MIMO с технологией формирования луча. Для проведения натурных измерений была выбрана площадка вблизи БС таким образом, чтобы смоделировать ситуацию эксплуатации БС перспективного поколения с наилучшими условиями передачи данных, когда мобильные абоненты находятся в прямой видимости БС. Частотно-селективные измерения ЭМП проводили в соответствующей полосе радиоканала 100 МГц при различном расположении абонентских терминалов относительно точки контроля в течение периода передачи данных от БС к абоненту.

В качестве средства измерений использовался селективный измеритель ЭМП SRM-3006, оснащенный антенной с рабочим диапазоном частот 420 МГц - 6 ГГц (Narda Safety Test Solutions, Германия). Оценка уровней ППЭ проводилась в режиме «Спектроанализатор».

Обработка данных измерений проводилась с использованием специализированного программного обеспечения SRM-3006-TS (Narda Safety Test Solutions, Германия) и на языке R в среде RStudio 4.1.2.

**Результаты и обсуждение.** По результатам натурных измерений фоновые уровни ЭМП РЧ, соответствующие режиму сканирования БС

поколения 5G (без наличия трафика передачи данных), не превышали  $0,3 \text{ мкВт/см}^2$ .

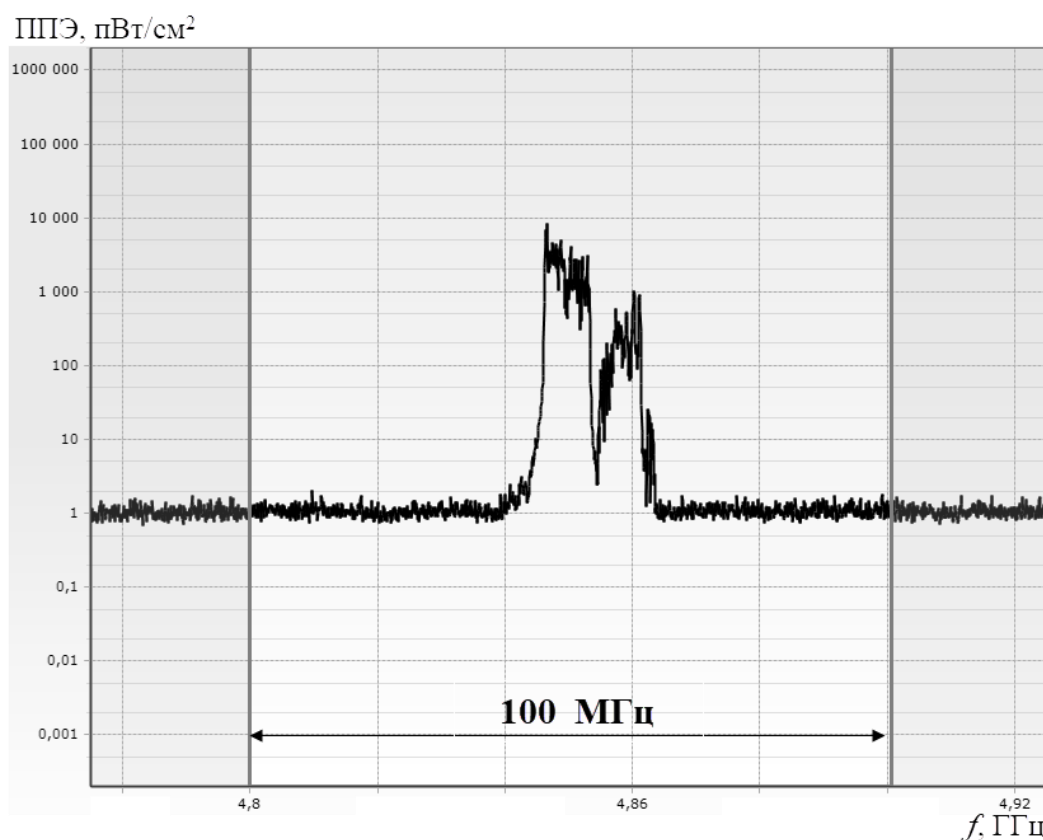


Рис.1 – Частотно-селективные измерения ППЭ в радиоканале поколения 5G (шириной 100 МГц) в режиме сканирования луча: фоновый уровень ППЭ  $0,17 \text{ мкВт/см}^2$

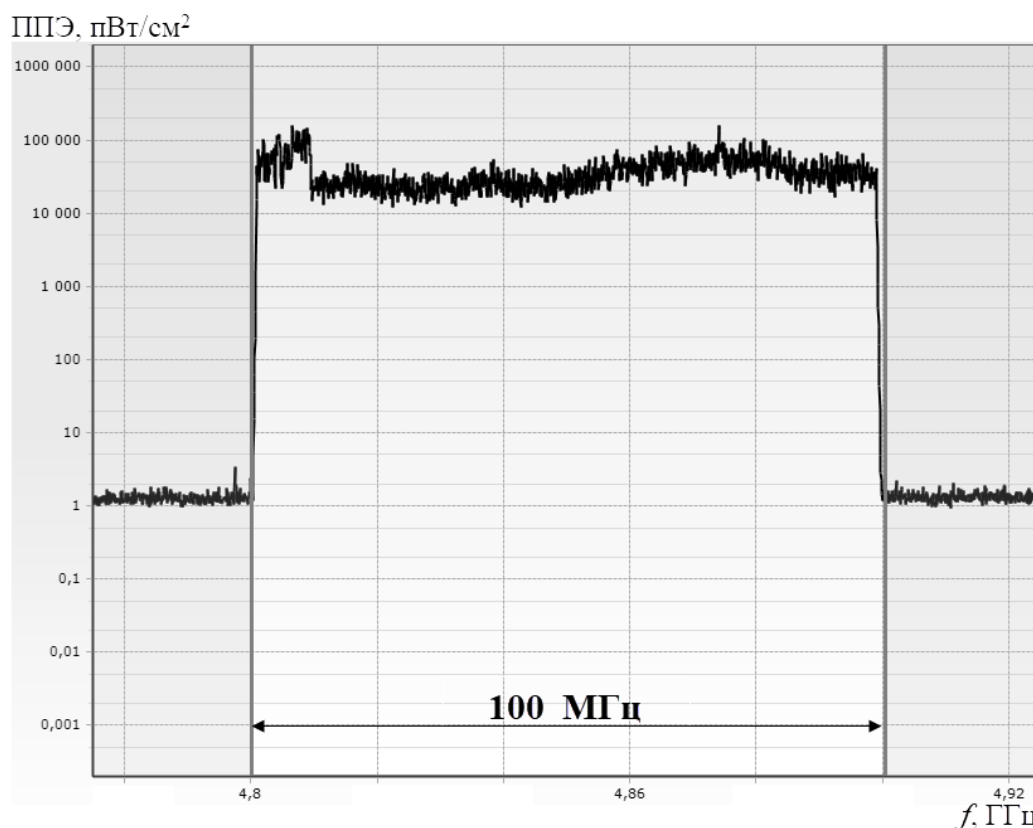


Рис.2 – Частотно-селективные измерения ППЭ в радиоканале поколения 5G (шириной 100 МГц) в режиме передачи трафика к АТ: уровень ППЭ 35,47 мкВт/см<sup>2</sup>

В режиме передачи данных по нисходящему каналу от БС к одному активному абоненту, находящемуся в прямой видимости БС, максимальный уровень ППЭ находился в диапазоне 32,7 – 39,4 мкВт/см<sup>2</sup>. На границе луча передачи данных уровень ППЭ снижался и находился в диапазоне 3,1 – 12 мкВт/см<sup>2</sup>. Оценка условий экспозиции ЭМП при наличии двух активных абонентов, удаленных друг от друга на одинаковое расстояние от БС, показала, что уровень ППЭ между лучами находился в диапазоне 6,3 – 24,9 мкВт/см<sup>2</sup>, а уровень ППЭ в отдельном луче составлял от 3,1 до 41,3 мкВт/см<sup>2</sup>.

Полученные результаты оценки уровней ЭМП РЧ, создаваемых при тестовой эксплуатации БС стандарта 5G NR IMT-2020, свидетельствуют о возможности превышения гигиенических нормативов, но в то же время характеризуют одну из крайних возможных ситуаций – наличие 1 или 2 активных абонентов в сети. Частотно-селективные измерения позволили провести оценку уровней ППЭ в выделенной полосе частот, предназначенной для работы исследуемой БС, однако без учета временных параметров режимов генерации сигнала и распределения мощности между абонентами. Можно предполагать, что увеличение количества абонентов, в соответствии с реальными условиями эксплуатации сети нового поколения, может привести к снижению экспозиции ЭМП РЧ в отдельных формируемых лучах, что требует проведения дополнительных исследований, в т.ч. с оценкой распределения

мощностных характеристик БС в сети поколения 5G во времени и пространстве в зависимости от возможных сценариев подключения активных абонентов.

**Заключение.** В перспективе совершенствования методов инструментального контроля и гигиенической оценки ЭМП РЧ, создаваемых сетями перспективного поколения, проведены частотно-селективные измерения уровней ЭМП в лучах передачи данных от БС стандарта 5G NR IMT-2020, оснащенной антенной типа massive MIMO, к абонентским терминалам, находящимся в прямой видимости БС. Результаты натурных исследований свидетельствуют, что при формировании луча передачи трафика к абоненту возможно повышение уровня ППЭ более чем в 130 раз относительно фоновых значений. Для уточнения влияния временных параметров генерации сигнала БС на уровень реальной экспозиции человека необходимо проведение дополнительных исследований.

#### Список литературы:

- 1 Хоршева А. А., Колесник Н. С. Актуальные вопросы контроля уровней электромагнитных полей радиочастотного диапазона по жалобам населения в г. Москве / в кн.: Развивая вековые традиции, обеспечивая "Санитарный щит" страны: Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России. – Мытищи; 2022. – С. 391-394.
- 2 Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная безопасность: проблемы контроля, управления и регулирования // Электросвязь. – 2022. – № 10. – С. 23 – 30.
- 3 Перов С.Ю., Белая О.В., Рубцова Н.Б. Перспективы совершенствования подходов к контролю электромагнитных полей радиочастотного диапазона при внедрении технологий беспроводной связи пятого поколения // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, №6. – С. 388-396.
- 4 IEC 62232-2022. Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure / International Electrotechnical Commission. – Geneva: IEC, 2022 – 342 p.

