

© Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Пономарев А.Л., Молок О.А., Одегов А.А., 2020
УДК 613.168

Оценка и обоснование необходимости пересмотра методических документов по измерению электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи

Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова, А.Л. Пономарев, О.А. Молок, А.А. Одегов

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Актуальность вопроса измерения электромагнитного излучения радиочастотного диапазона обусловлена увеличением количества передающих радиотехнических объектов на территории плотной городской застройки, постоянной модернизацией оборудования базовых станций (БС), появлением новых стандартов связи. В статье кратко описано биологическое воздействие электромагнитного излучения радиочастотного диапазона, показаны основные механизмы негативного действия на наиболее уязвимые органы и системы. *Цель исследования.* Оценка действующих методических документов по измерению электромагнитных излучений радиочастотного диапазона на жилой территории, в жилых и общественных зданиях. *Материалы и методы.* Рассмотрены особенности устройства базовых станций сотовой связи и радиорелейных станций. Проведена сравнительная оценка и описаны особенности средств измерений электромагнитного излучения. Изложены рекомендации по их выбору в зависимости от частот, на которых работает оборудование связи, подлежащее оценке. Выполнен анализ методических документов с учетом характеристик передающего радиотехнического оборудования базовых станций сотовой связи и используемых средств измерений. *Результаты.* Приведены результаты оценки, обсуждения, установлены достоверные различия. Анализ требований, регламентирующих проведение измерений, показал значительные расхождения и противоречия между действующими документами. Результатом оценки явилось заключение о невозможности одновременного проведения измерений электромагнитного излучения от БС сотовой связи и от радиорелейных станций (РРС) по причине нарушения требований методик измерений. Сделан вывод, что проведение измерений электромагнитного излучения от станций связи четвертого (4G) и пятого (5G) поколений согласно действующим методическим документам не представляется возможным. *Заключение.* Выявлена необходимость пересмотра сравниваемых методических документов МУК 4.3.1167-02 и МУК 4.3.1677-03 с гармонизацией требований к проведению измерений, выпуск единого документа, содержащего требования к проведению измерений электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Даны рекомендации по проведению измерений.

Ключевые слова: электромагнитные излучения радиочастотного диапазона, базовые станции сотовой связи, радиорелейные станции, сравнительная оценка, действующие методические документы, глиома головного мозга, приборы для измерения электромагнитного излучения.

Для цитирования: Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Пономарев А.Л., Молок О.А., Одегов А.А. Оценка и обоснование необходимости пересмотра методических документов по измерению электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 5 (326). С. 29-35 DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-326-5-29-35>

Evaluation and Substantiation of the Necessity to Revise Guidelines for Measuring Electromagnetic Radiation of Cellular Base Stations

N.V. Zaitseva, T.S. Ulanova, A.L. Ponomarev, O.A. Molok, A.A. Odegov

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

Abstract. *Introduction:* Measurements of electromagnetic radiation of the radio frequency range are of great relevance due to the increasing number of transmitting radio facilities in the densely populated territories, constant cell site upgrades, and emerging communication standards. The paper presents a brief description of the biological effects of radio frequency electromagnetic radiation and shows basic mechanisms of the negative effect on the most vulnerable organs and systems. Our objective was to evaluate valid guidelines for measuring electromagnetic radiations of the radio frequency range in residential areas, in houses and public buildings. *Materials and methods:* We reviewed specific characteristics of cellular base and radio relay stations, compared and described electromagnetic radiation measuring devices. The provided recommendations for their selection were based on frequencies at which the communication equipment operates. We also analyzed the current guidelines with account for characteristics of transmitting radio equipment of cellular base stations and the applied measuring instruments. *Results:* The results of assessing established significant differences are discussed. The analysis of the requirements for measurements demonstrated significant discrepancies and contradictions between the valid documents. The evaluation results demonstrated impossibility of simultaneous measurements of electromagnetic radiation from cellular BS and RRS due to violations of requirements for measurement procedures. We concluded that, according to the current method documents, measurements of electromagnetic radiation from the fourth (4G) and fifth (5G) generation mobile communications systems were not possible. *Conclusions:* We revealed the necessity to revise the compared guidelines MUK 4.3.1167-02 and MUK 4.3.1677-03, to harmonize regulatory requirements for measurements, and to develop a single document guiding measurements of radio frequency electromagnetic radiation. Recommendations for taking measurements are provided.

Key words: radio frequency electromagnetic radiation, cellular base stations, radio relay stations, comparative evaluation, current guidelines, brain glioma, electromagnetic radiation measuring instruments.

For citation: Zaitseva NV, Ulanova TS, Ponomarev AL, Molok OA, Odegov AA. Evaluation and substantiation of the necessity to revise guidelines for measuring electromagnetic radiation of cellular base stations. *Zdorovo'e Naseleniye i Sreda Obitaniya*. 2020; (5(326)):29-35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-326-5-29-35>

Author information: Zaitseva N.V., <https://orcid.org/0000-0002-9272-3956>; Ulanova T.S., <http://orcid.org/0000-0002-9238-5598>; Ponomarev A.L., <https://orcid.org/0000-0001-6267-3524>; Molok O.A. <https://orcid.org/0000-0001-8699-0778>; Odegov A.A., <https://orcid.org/0000-0001-9176-1224>.

Введение. Высокая актуальность вопроса измерений электромагнитного излучения от базовых станций (БС) сотовой связи в настоящее время связана с ускоренным развитием беспроводных сетей передачи информации, расширением зон покрытия и увеличением

мощностей источников электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) [1, 2].

Вследствие увеличения количества БС сотовой связи в крупных городах, увеличилось количество населения, проживающего в зонах

воздействия электромагнитного излучения. Отмечается возрастание количества жалоб населения, обусловленных опасениями в отношении вредного влияния базовых станций на здоровье [1]. Для достоверной оценки риска воздействия ЭМИ РЧ на здоровье населения необходимо располагать современными средствами измерений и утвержденными методическими документами.

Сотовая радиосвязь включает наиболее многочисленную группу источников электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) среди прочих систем подвижной телекоммуникации, разнообразную как по характеру генерируемого поля, так и по условиям формирования воздействия. Поскольку ЭМП РЧ относится к вредным физическим факторам воздействия, нормируемым и для населения, и для работающих, излучающее оборудование сотовой радиосвязи подлежит обязательному санитарно-эпидемиологическому надзору. Элементы систем сотовой радиосвязи — базовые станции сотовой связи и абонентские терминалы — являются сегодня основными факторами электромагнитной нагрузки на всю популяцию населения, условия воздействия являются практически неконтролируемыми, а биологическое действие такого рода поля недостаточно изучено.

За последние 15 лет трижды изменился состав источников ЭМП по частотам и стандартам, для оценки их эффективности в отношении предотвращения негативных эффектов необходимо использовать фундаментальные знания о биологическом действии ЭМП [2, 4].

Основные механизмы действия ЭМП РЧ следующие:

- ЭМП высокой интенсивности: тепловой нагрев;
- ЭМП низкой интенсивности: раздражитель центральной нервной системы.

При медико-биологической и гигиенической оценках сотовой связи как источниках ЭМП, значимых для населения, следует исходить из следующих характерных особенностей:

- хроническое общее (тотальное) облучение сложноорганизованным модулированным многочастотным ЭМП РЧ, создаваемым базовыми станциями систем подвижной радиосвязи и сетью беспроводного доступа (wi-fi и другие) [4];
- ежедневное, в течение всей жизни, начиная с детского возраста, повторяющееся облучение головного мозга и рецепторных аппаратов — вестибулярного и слухового анализаторов — ЭМП РЧ, источником которого служит мобильный телефон [5].

В результате воздействия происходит тотальный контакт представителей всех групп населения с источником ЭМП РЧ в неконтролируемых условиях воздействия. Для человека это новый и значимый тип воздействия ЭМП РЧ как по накоплению дозы, так и по локализации воздействия в связи с облучением головного мозга [6].

Согласно проведенным исследованиям [7], при однократном облучении пользователя

ЭМП абонентского терминала наблюдается выраженная реакция центральной нервной системы (ЦНС), что позволяет характеризовать общую биологическую реакцию организма как активную адаптацию.

По данным клинико-физиологических исследований (60–80-х годов), при хроническом воздействии ЭМП РЧ диапазона нетепловой интенсивности клиническая картина характеризуется адаптационной перестройкой нервной системы к ЭМП [8, 9]. В последующем (месяцы и годы работы с источниками сверхвысокочастотного диапазона) наблюдаются нарушения, которые могут быть отнесены к собственным патологическим нарушениям в ответ на хроническое воздействие ЭМП.

Воздействие облучения населения ЭМП РЧ базовых станций сотовой связи изучено на примере облучения групп работающих¹. В результате при облучении группы работающих ЭМП частотой 3 ГГц с плотностью потока энергии 10–50 мкВт/см² у обследованных лиц наблюдались следующие симптомы: головная боль у 27 %, повышенная усталость у 21 %, нарушения сна у 21 %, раздражительность у 11 %, боли в области сердца у 11 %, головокружения у 9 % обследованных. В группе работающих в условиях облучения ЭМП частотой 3 ГГц с ППЭ 20–50 мкВт/см² наблюдались следующие функциональные расстройства ЦНС: вегетативные дисфункции у 58 % обследованных, неврастенический синдром с вегетативными дисфункциями у 34 % обследованных, астенический синдром с вегетативными дисфункциями у 8 % обследованных. Повторное обследование спустя 3 года выявило нарастание степени тяжести расстройств, в первую очередь, за счет смещения в область развития астенического синдрома с вегетативными дисфункциями (25 % обследованных).

Таким образом, данные ранее проведенных клинических исследований показывают, что при хроническом облучении в условиях, характерных для профессионалов, а в настоящее время возможных для населения, ожидается рост заболеваемости по группам болезней, относящихся к заболеваниям, прежде всего, нервной и сердечно-сосудистой систем [7, 10, 11]. При персональном использовании мобильных телефонов была установлена связь с опухолями центральной нервной системы — глиомами головного мозга [10, 12, 13].

Развитие сетей 5G с предстоящим увеличением числа устройств и плотности малых сот, а также с будущим использованием миллиметровых волн (ММВ) «мотивировало» ученых на составление прогнозов относительно воздействия на здоровье ЭМИ РЧ в целом и ММВ в частности. Предварительные наблюдения показали, что миллиметровые волны повышают температуру кожи, изменяют экспрессию генов, способствуют клеточной пролиферации и синтезу белков, связанных с окислительным стрессом, воспалительными и метаболическими процессами, могут вызывать повреждения глаз, негативно влиять на нервно-мышечную проводимость [14, 15].

¹ Григорьев О.А. Радиобиологическая оценка воздействия электромагнитного поля подвижной сотовой связи на здоровье населения и управление рисками: дисс. док. биол. наук. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурзяна ФМБА России, 2012. 397 с.

Несмотря на проводимые исследования, тема воздействия ЭМИ РЧ на организм человека недостаточно изучена. Основное внимание в исследованиях направлено на изучение влияния сотовых телефонов на организм человека [5, 9, 15].

Цель исследования – оценка действующих методических документов для проведения измерения электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в жилых и общественных зданиях, на селитебной территории с учетом характеристик передающего радиотехнического оборудования (ПРТО) базовых станций сотовой связи и используемых средств измерений.

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны действующие на территории Российской Федерации методические документы, регламентирующие проведение измерений электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на селитебной территории, в жилых и общественных зданиях:

– МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи»²;

– МУК 4.3.1167–02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц»³.

При проведении оценки методических указаний необходимо учитывать особенности устройства базовых станций сотовой связи и приборов для измерения электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

Базовые станции сотовой связи негласно делятся на два вида: с наружным расположением антенн (outdoor) и с внутренним расположением антенн (indoor). Исходя из названия, антенны первых располагаются вне зданий, антенны вторых располагаются внутри зданий.

Типичный объект сотовой связи с наружным расположением антенн состоит из оборудования базовой станции, генерирующего сигналы для пользователей, и оборудования радиорелейной станции, необходимого для подключения БС к сети оператора или для связи с другими базовыми станциями. Передатчики сотовой связи работают на частотах 450 МГц (4G), 800 МГц (4G), 900 МГц (2G, 3G), 1800 МГц (2G, 4G), 2100 МГц (3G), 2600 МГц (4G).

Радиорелейная связь (РРС) – связь с помощью цепочки приемо-передающих радиостанций находящихся друг от друга в зоне прямой видимости антенн. Наиболее востребованными частотами для радиорелейных станций (РРС) являются 7 ГГц, 13 ГГц, 15 ГГц, 18 ГГц, 23 ГГц, 38 ГГц. В последнее время увеличивается доля оборудования, работающего в диапазоне частот 76–85 ГГц.

Базовые станции с внутренним расположением антенн состоят из оборудования базовой станции и антенн, расположенных внутри здания. Антенны могут находиться как на потолке, так и на стене здания. Частоты работы передатчиков сотовой связи такие же, как и для станций с наружным расположением антенн.

Основными источниками электромагнитного излучения радиочастотного диапазона являются антенны БС сотовой связи и антенны РРС.

Приборы для измерения электромагнитного излучения радиочастотного диапазона представлены образцами как отечественного, так и зарубежного производства. Наиболее часто в практике лабораторий используются: измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41, измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-42, измеритель параметров электромагнитного поля селективный SRM-3006, измеритель плотности потока энергии электромагнитного поля ПЗ-33М, измеритель параметров электромагнитного поля ПЗ-34.

Критерием выбора приборов для проведения измерений является диапазон частот, в котором планируется проводить измерения данными приборами.

Сравнение технических характеристик приборов приведено в табл. 1.

Анализ характеристик приборов показывает, что электромагнитное излучение от БС сотовой связи можно измерять любым прибором. Радиорелейные станции с рабочей частотой до 18 ГГц можно измерять приборами ПЗ-41, ПЗ-42, ПЗ-33М, ПЗ-34, радиорелейные станции с рабочей частотой до 38 ГГц можно измерять приборами ПЗ-41, ПЗ-42, радиорелейные станции с рабочей частотой до 85 ГГц можно измерять только прибором ПЗ-42.

Общим у всех приборов, за исключением измерителя параметров электромагнитного поля селективного SRM-3006, является то, что они

Таблица 1. Сравнительная характеристика приборов для измерения ЭМИ РЧ

Table 1. Comparative characteristics of radio frequency electromagnetic radiation measuring instruments

Тип прибора/ Device type	Диапазон частот/ Frequency range	Тип антенны/ Antenna type	Вид измерений/ Type of measurements	
			Широкополосные/ Wideband	Селективные/ Selective
ПЗ-41/ПЗ-41	10 кГц–40 ГГц / 10 kHz–40 GHz	Изотропная/ Isotropic	+	–
ПЗ-42/ ПЗ-42	10 кГц–95 ГГц / 10 kHz–95 GHz	Изотропная/ Isotropic	+	–
ПЗ-33М/ ПЗ-33	300 МГц–18 ГГц / 300 MHz–18 GHz	Изотропная/ Isotropic	+	–
ПЗ-34/ ПЗ-34	30 МГц–18 ГГц / 30 MHz – 18 GHz	Изотропная/ Isotropic	+	–
SRM-3006	9 кГц–6 ГГц / 9 kHz–6 GHz	Изотропная/ анизотропная / Isotropic/anisotropic	–	+

² МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи» (Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.06.03). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 44 с.

³ МУК 4.3.1167–02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц» (Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 07.10.02). М.: Минздрав России, 2002.

являются широкополосными измерителями электромагнитного поля и не могут измерить электромагнитное поле на определенной частоте или в узком диапазоне частот. Таким образом, их диапазон измерения ограничен диапазоном измерения соответствующей антенны. Ввод данных о частоте работы источников излучения необходим только для того, чтобы привести погрешность измерения прибора к паспортным данным.

Результаты измерений, проведенных широкополосными приборами, говорят о суммарном уровне электромагнитного излучения от всех радиосредств, присутствующих на данном передающем радиотехническом объекте (ПРТО). Фактически проводятся измерения электромагнитного излучения как от антенн базовой станции сотовой связи, так и от антенн радиорелейной станции.

Единственным прибором, способным проводить измерения в узком диапазоне частот, является измеритель параметров электромагнитного поля селективный SRM-3006.

Основным недостатком прибора является то, что измерения можно проводить в диапазоне частот от 9 кГц до 6 ГГц. Таким образом, провести отдельные измерения от базовой станции и радиорелейной станции не представляется возможным, так как диапазоны частот, в которых работают радиорелейные станции, лежат выше верхней границы диапазона измерения для данного прибора.

Следовательно, возможность отдельного измерения электромагнитного излучения от антенн БС сотовой связи и от антенн РРС при работающем оборудовании ПРТО отсутствует. Проведение измерений электромагнитного излучения путем поочередного отключения оборудования невозможно, так как оборудование базовой станции не может работать без оборудования радиорелейной станции.

Сравнение основных требований методических документов, регламентирующих проведение измерений ЭМИ, приведено в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение МУК 4.3.1677-03 и МУК 4.3.1167-02
Table 2. Comparison of guidelines MUK 4.3.1677-03 and MUK 4.3.1167-02

Показатель / Indicator	МУК 4.3.1677-03 / MUK 4.3.1677-03	МУК 4.3.1167-02 / MUK 4.3.1167-02	Оценка показателя / Evaluation of the indicator
1	2	3	4
Область применения / Scope	Телевидение, ЧМ радиовещание (радиовещание на основе метода частотной модуляции), базовые станции сотовой связи / Television, FM radio broadcasting, cellular base stations	Радиосредства в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц / Radio equipment in the frequency range of 300 MHz–300 GHz	Нет документа для измерения электромагнитного излучения вблизи антенн радиосредств, работающих на частотах ниже 300 МГц (моторола и т. д.) / No regulations for measuring electromagnetic radiation near radio antennas operating at frequencies < 300 MHz (Motorola, etc.)
Не распространяется / Not applicable to	на средства связи, содержащие апертурные антенны (радиосредства) / means of communication with aperture antennas (radio facilities)	на базовые станции систем подвижной связи, телевидение / base stations of mobile communication systems, television	
Диапазон частот электромагнитного излучения / Electromagnetic radiation frequency range	27 МГц–2400 МГц / 27 MHz–2400 MHz	300 МГц–300 ГГц / 300 MHz–300 GHz	Нет документа на 2600 МГц (4G) / No regulations for 2600 MHz (4G)
Выбор трасс измерений / Choice of measurement routes	Трасса открытая, площадки измерений должны иметь прямую видимость на антенну излучающего средства. Вдоль трассы не должно быть переизлучателей и затеняющих препятствий / The route is open; the measurement sites should have direct visibility to the antenna of the radiating means. There should be no re-emitters or shading obstacles along the route.	Трасса открытая, площадки измерений должны иметь прямую видимость на антенну излучающего средства. Вдоль трассы не должно быть переизлучателей и затеняющих препятствий / The route is open; the measurement sites should have direct visibility to the antenna of the radiating means. There should be no re-emitters or shading obstacles along the route.	Совпадение по выбору трасс измерений / Similar requirements for choosing measurement routes
Расстояние между точками измерений на трассах измерений / The distance between measuring points on measurement routes	Нет требований / No requirements provided	До 100 м – (5–10) м (100–300) м – (10–20) м Более 300 м – (20–50) м / < 100 м – (5–10) м (100–300) м – (10–20) м > 300 м – (20–50) м	Отсутствуют в МУК 4.3.1677-03 требования к расстоянию между точками измерения / No requirements for the distance between measuring points in MUK 4.3.1677-03
Выбор точек измерений в зданиях прилегающей застройки / Selection of measuring points in adjacent buildings	Нет требований / Not required	Здания первой линии, строения последующих линий, особенно здания выше зданий на передней линии / Buildings in the first line, buildings of subsequent lines especially those higher than in the first line	Отсутствуют в МУК 4.3.1677-03 требования к выбору точек измерений / No requirements for selection of measuring points in MUK 4.3.1677-03
Количество измерений (циклов) в точке измерения (месте измерения) / The number of measurements (cycles) at the measuring point	3	3	Совпадение по количеству измерений (циклов) в точке измерения / The similar number of measurements (cycles) at the measuring point

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Высота проведения измерений / Height of measurements	0,5–2,0 м / 0.5–2.0 m	0–2,0 м / 0–2.0 m	Различные требования по показателю высоты проведения измерений / Different requirements for the height of taking measurements
Измеренное значение (за один цикл измерений) / Measured value (per cycle)	Максимальное значение / Maximum value	Максимальное значение / Maximum value	Совпадение требований по выбору измеренных значений за один цикл измерений / Compliance of requirements for selection of measured values per cycle
Расчет неопределенности / Calculation of uncertainty	Тип А и тип В / Type A and Type B	Только тип В / Type B only	Различные требования к расчету расширенной неопределенности / Different requirements for calculation of expanded uncertainty
Расчет расширенной неопределенности / Calculation of expanded uncertainty	Нет требований / Not required	Нет требований / Not required	Неясно: считать одностороннюю или двустороннюю расширенную неопределенность. Требования в территориальных управлениях Роспотребнадзора в разных регионах могут отличаться / It is not clear whether to calculate one-sided or two-sided expanded uncertainty. Requirements of the regional Rospotrebnadzor departments may differ

Результаты и их обсуждение. Анализ требований, регламентирующих проведение измерений, показал совпадение только по трем позициям из двенадцати, по остальным позициям значительные расхождения и противоречия между действующими документами (табл. 2).

Область применения документа. МУК 4.3.1677–03. Методические указания устанавливают методики определения (расчета и измерений) уровней электромагнитного поля (ЭМП), излучаемого техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи.

МУК 4.3.1167–02. Методические указания содержат изложение методики мониторинга окружающей среды вблизи антенн радиосредств, работающих в различных участках диапазона частот 300 МГц–300 ГГц, по электромагнитному фактору.

МУК 4.3.1167–02 не распространяется на радиосредства базовых станций систем подвижной связи и станций телевизионного вещания.

В итоге документы дополняют друг друга. При проведении измерений должны использоваться оба, но, поскольку приборное оснащение не позволяет проводить раздельно измерения электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи и радиорелейных станций, это автоматически приводит к нарушению требований области применения документа при проведении измерений.

Диапазон частот, в которых проводятся измерения. МУК 4.3.1677–03. Область применения документа распространяется на диапазон частот 27 МГц–2400 МГц. Учитывая, что стандарт сотовой связи четвертого поколения (4G) работает на частоте 2600 МГц, проводить измерения электромагнитного излучения от связи четвертого (4G), а в перспективе и пятого (5G) поколений согласно данному документу не представляется возможным. Ввиду того, что приборы при измерении охватывают все частоты, при проведении измерений нарушаются требования методики.

МУК 4.3.1167–02. Область применения документа распространяется на диапазон частот 300 МГц–300 ГГц. РРС работают в диапазоне частот от 7 ГГц до 85 ГГц, таким образом, проводить измерения можно во всем диапазоне частот работы РРС.

Выбор трасс проведения измерений. Методические документы предъявляют одинаковые требования к выбору трасс проведения измерений. Вместе с тем МУК 4.3.1167–02 регламентируют проведение измерений на трассах через определенные расстояния. Согласно МУК 4.3.1677–03 выбор точек измерений на трассах возлагается на лицо, проводящее измерения.

МУК 4.3.1167–02 обязывают проводить измерения в зданиях первой линии относительно объекта. Также проверке подвергаются строения последующих линий, особенно строения, высота которых превышает высоту строений первой линии.

Согласно МУК 4.3.1677–03 проведение измерений в зданиях не является обязательным.

Проведение измерений.

МУК 4.3.1167–02 обязывает проводить измерения на высоте до 2,0 м от поверхности.

МУК 4.3.1677–03 обязывает проводить измерения на высоте от 0,5 до 2,0 м от уровня подстилающей поверхности.

Таким образом, требования методических документов противоречат друг другу.

Оба документа требуют проводить три цикла измерений в каждой точке измерения. За результат измерения в каждом цикле принимается максимальное значение, полученное при измерении. Далее начинаются расхождения.

МУК 4.3.1167–02 за результат измерений в точке предлагают считать максимальное значение этих измерений.

МУК 4.3.1677–03 за результат измерения в точке предлагают считать среднее арифметическое значение из полученных в каждом цикле измерений.

Результаты измерений должны оцениваться с учетом расширенной неопределенности.

При проведении измерений по МУК 4.3.1167–02 можно рассчитать неопределенность по типу В.

При проведении измерений по МУК 4.3.1677–03 можно рассчитать суммарную неопределенность измерения, состоящую из неопределенности измерения по типу А и неопределенности измерения по типу В.

Соответственно значение расширенной неопределенности при измерениях по МУК 4.3.1167–02 и МУК 4.3.1677–03 будет различным.

Выполнение измерений ЭМИ РЧ, в соответствии с действующими методическими документами, не позволяет однозначно ответить на вопрос: какие результаты вносить в протокол измерений.

Результат анализа. Проведение измерений электромагнитного излучения от БС сотовой связи отдельно от РРС невозможно, так как при отключенной радиорелейной станции отключается базовая станция. Вместе с тем проводить раздельные измерения электромагнитного излучения не позволяют технические характеристики приборов.

Анализ методических документов дает основание сделать заключение о том, что одновременное проведение измерений электромагнитного излучения от БС сотовой связи и от РРС невозможно, поскольку при этом нарушаются методики проведения измерений.

Измерение электромагнитного излучения от антенн с внутренним расположением (indoor) в документах не рассматривается.

Заключение

Рассмотренные методические документы МУК 4.3.1167–02 и МУК 4.3.1677–03 не полностью соответствуют современным требованиям и характеристикам оборудования связи и средств измерений.

Одно из решений в условиях сложившейся ситуации – разработка нового документа регламентирующего проведение измерений ЭМИ РЧ. Изучив опыт проведения измерений электромагнитного излучения радиочастотного диапазона от БС сотовой связи, предлагаем при разработке нового документа учесть следующее:

– область применения документа должна распространяться на все радиосредства в диапазоне 300 МГц–300 ГГц;

– измерения должны проводиться вдоль трасс измерения и в помещениях зданий.

Требования к трассам измерений должны содержать следующие пункты: трасса должна быть открытая, точки измерений должны иметь прямую видимость на антенну излучающего средства. Вдоль трассы не должно быть переизлучателей и затеняющих препятствий. Расстояние между точками измерений должно составлять: на расстоянии от антенны до 100 м – (5–10) м; на расстоянии от 100 м до 300 м – (10–20) м; на расстоянии более 300 м от антенны – (20–50) м.

Измерения в помещениях должны проводиться в зданиях первой линии, в зданиях последующих линий, особенно если из них имеется прямая видимость на антенну излучающего средства, точки измерения выбираются максимально приближенные к зоне ограничения застройки (ЗОЗ).

Измерения должны проводиться на высоте 0,5–2 м.

Количество измерений (циклов измерений) в точке измерения равно трем.

За измеренное значение (один цикл измерений) принимается максимальное значение.

За результат измерения принимается максимальное значение из измеренных. Расчет неопределенности измерения целесообразно проводить по типу В.

Для антенн, расположенных внутри зданий (indoor), измерения следует проводить аналогично с outdoor-антеннами, с расстоянием между точками измерений 1 м. Измерения следует проводить до достижения расстояния полутора зон ограничения.

Список литературы (пп. 2, 12, 13, 15 см. References)

1. Луценко Л.А., Тулакин А.В., Егорова А.М и др. Риск-ориентированная модель контроля уровней ЭМП базовых станций сотовой связи // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 11. С. 1045–1048.
3. Мовчан В.Н., Шмаков И.А. О влиянии базовых станций сотовой связи на экологическую ситуацию в крупном городе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5-3. С. 426–428.
4. Сподобаев М.Ю., Сподобаев Ю.М. Маслов М.Ю. Современные проблемы электромагнитной экологии // Электросвязь. 2014. № 10. С. 39–42.
5. Зубарев Ю.Б. Мобильный телефон и здоровье: монография / изд. 4-е, перераб. М.: Библио-Глобус, 2019. 234 с.
6. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Базовые станции подвижной радиосвязи и безопасность населения: общая ситуация в России. В кн.: Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004–2005: Сборник трудов. М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006. С. 31–36.
7. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. 201 с.
8. Григорьев Ю.Г. Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы – к оценке риска (анализ современных отечественных и зарубежных данных) // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 3. С. 11–16.
9. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье: Электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности / 2-е изд. М.: Экономика, 2016. 574 с.
10. Лукьянова С.Н., Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. и др. Зависимость биоэффектов электромагнитного поля радиочастотного диапазона нетепловой интенсивности от типологических особенностей электроэнцефалограммы человека // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50, № 6. С. 712–722.
11. Ященко С.Г., Рыбалко С.Ю., Шибанов С.Э. и др. Электромагнитная обстановка радиочастотного диапазона мобильной связи и заболеваемость взрослого населения болезнями системы кровообращения // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1184–1188.
14. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Базисные аспекты концепции электромагнитной безопасности перспективных сетей связи поколения 5G/IMT-2020 // Электросвязь. 2019. № 4. С. 48–52.
16. Григорьев Ю.Г. От электромагнитного смога до электромагнитного хаоса. К оценке опасности мобильной связи для здоровья населения // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018. Т. 63, № 3. С. 28–33.

References

- Lutsenko LA, Tulakin AV, Egorova AM, *et al.* Risk-oriented model of the control of the level of electric magnetic fields of base stations of cellular communications. *Gigiena i Sanitaria*. 2016; 95(11):1045–1048. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.1882/0016-9900-2016-95-11-1045-1048>
- Bergqvist U, Friedrich G, Hamnerius Y, *et al.* Mobile telecommunication base stations—Exposure to electromagnetic fields. *Report of a Short Term Mission within COST 244bis*. 2001; 77 p.
- Movchan VN, Shmakov IA. About the influence of the cellular base stations on the ecological situation in the large city. *Mezhdunarodnyi Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2016; (5-3):426–428. (In Russian).
- Spodobaev MYu, Spodobaev YuM, Maslov MYu. Modern problems of electromagnetic ecology. *Ehlektrosvyaz'*. 2014; (10):39–42. (In Russian).
- Zubarev YuB. Cell phone and health: monograph. 4th ed. Moscow: Biblio-Globus Publ. 2019. 234 p. (In Russian).
- Grigor'ev YuG, Grigor'ev OA, Merkulov AV. Base of station of a mobile radio communication and safety of the population: a general situation in Russia. In: *Ezhegodnik Rossiiskogo natsional'nogo komiteta po zashchite ot neioniziruyushchikh izlucheniy za 2004–2005: Collection of articles*. Moscow: ALLANA Publ. 2006. P. 31–36. (In Russian).
- Luk'yanova SN. The electromagnetic field of the microwave range of non-thermal intensity as an irritant for the central nervous system. Moscow: FMBTs im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ. 2015. 201 p. (In Russian).
- Grigorev YuG. Fundamentally new electromagnetic pollution and the lack of adequate regulatory framework – on the risk assessment (analysis of modern domestic and foreign data). *Gigiena i Sanitaria*. 2014; 93(3):11–16 (In Russian).
- Grigor'ev YuG, Grigor'ev OA. Cellular communication and health: electromagnetic environment, radiobiological and hygienic problems, hazard forecast. 2nd ed. Moscow: Ehkonomika Publ. 2016. 574 p. (In Russian).
- Luk'yanova SN, Grigor'ev YuG, Grigor'ev OA, *et al.* Dependence of the non-thermal radiofrequency electromagnetic field bioeffects on the personal electroencephalogram typological features. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioehkologiya*. 2010; 50(6):712–722. (In Russian).
- Yaschenko SG, Rybalko SYu, Shibanov SE, *et al.* Monitoring of electromagnetic situation of radio frequency range of the mobile communication and prevalence indices of diseases of the circulatory system in the adult population. *Gigiena i Sanitaria*. 2018; 97(12):1184–1188. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1184-1188>
- Hardell L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health – a hard nut to crack (Review). *Int J Oncol*. 2017; 51(2):405–413. DOI: <https://doi.org/10.3892/ijo.2017.4046>
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*. 2013; 102(Pt. 2):1–460.
- Maslov MYu, Spodobaev YuM, Spodobaev MYu. The electromagnetic safety concept basic aspects of advanced 5G/IMT-2020 mobile networks. *Ehlektrosvyaz'*. 2019; 4:48–52 (In Russian).
- Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int J Hyg Environ Health*. 2018; 221(3):367–375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.011>
- Grigor'ev YuG. From electromagnetic smog to electromagnetic chaos. To evaluating the hazards of mobile communication for health of the population. *Meditinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'*. 2018; 63(3):28–33. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.12737/article_5b168a752d92b1.01176625

Контактная информация:

Пономарев Алексей Леонидович, заведующий лабораторией методов анализа физических факторов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
e-mail: Ponomarev@fcrisk.ru

Corresponding author:

Aleksey L. Ponomarev, Head of the Laboratory for Analysis of Physical Factors, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies
e-mail: Ponomarev@fcrisk.ru

Статья получена: 21.02.2020
Принята в печать: 07.05.2020

