

© Горохов Е.Б., Ляпкало А.А., 2021

УДК 613.648.2

## Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах технических специалистов сотовой связи

Е.Б. Горохов<sup>1</sup>, А.А. Ляпкало<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Управление Роспотребнадзора по Тульской области,  
ул. Оборонная, д. 114, г. Тула, 300045, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»,  
ул. Высоковольная, д. 9, г. Рязань, 390026, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Одной из основных профессиональных групп работников сотовой радиотелефонной связи являются технические специалисты, непосредственно обслуживающие и осуществляющие текущую безаварийную эксплуатацию передающих радиотехнических объектов (ПРТО) базовых станций (БС) сотовой связи. Передающие антенны и оборудование БС представлены мощными источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного (РЧ) диапазона, которые являются одним из основных неблагоприятных физических факторов производственной среды для технических специалистов на рабочих местах. ЭМП РЧ оказывают влияние на функциональное состояние различных систем организма человека: нервную, сердечно-сосудистую, иммунную. *Цель исследования.* Гигиеническая оценка условий труда работников сотовой связи по показателям уровней ЭМП РЧ и определение профессий, наиболее подверженных их воздействию. *Материалы и методы.* Выполнены инструментальные исследования уровней плотности потока электромагнитной энергии (ППЭЭ), создаваемого приемно-передающим оборудованием БС, непосредственно на площадках обслуживания техническими специалистами отрасли объектов сотовой связи. Проведен хронометраж рабочего времени нахождения технических специалистов на рабочих местах с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые уровни (ПДУ). *Результаты.* При анализе полученных данных установлено, что значения ППЭЭ на рабочих местах в 28 % замеров превышали допустимые уровни для персонала, обслуживающего ПРТО, при нахождении в указанных производственных условиях, согласно хронометражным исследованиям, от 12 до 61 % рабочего времени в течение рабочей смены. Под воздействием ЭМП РЧ, показатели которых превышают регламентируемые на рабочих местах ПДУ, могут находиться: инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, энергетики, специалисты по техническому аудиту, инженеры по развитию сети, механики. *Заключение.* Полученные данные позволят в процессе производственной деятельности технических специалистов сотовой связи улучшать условия труда и проводить профилактику заболеваемости, в том числе связанную с воздействием ЭМП РЧ на рабочих местах.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, передающие радиотехнические объекты, сотовая связь, базовые станции, рабочие места, технические специалисты.

**Для цитирования:** Горохов Е.Б., Ляпкало А.А. Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах технических специалистов сотовой связи // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 9–14. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-9-14>

### Информация об авторах:

✉ **Горохов** Евгений Борисович – главный специалист-эксперт отдела санитарного надзора по гигиене труда, коммунальной и радиационной гигиене Управления Роспотребнадзора по Тульской области; e-mail: [GorohovEvgeny@mail.ru](mailto:GorohovEvgeny@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7372-6986>.

**Ляпкало** Александр Андреевич – д-р мед. наук, профессор кафедры общей гигиены с курсом экологии ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»; e-mail: [lyapkalo\\_a@mail.ru](mailto:lyapkalo_a@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3956-5514>.

## Radiofrequency Electromagnetic Field Levels at Workplaces of Technical Specialists of Cellular Communication

Е.Б. Gorokhov<sup>1</sup>, А.А. Lyapkalo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tula Regional Rospotrebnadzor Office, 114 Oboronnaya Street, Tula, 300045, Russian Federation

<sup>2</sup>Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov,  
9 Vysokovoltynaya Street, Ryazan, 390026, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* One of the main professional groups of workers in cellular radiotelephone communication includes technical specialists who serve and ensure trouble-free operation of radio transmitters of cellular base stations (BS). Transmitting antennas and BS equipment are powerful sources of radiofrequency electromagnetic fields (RF EMFs) and one of the main adverse physical factors of the working environment for technicians. RF EMFs affect the functional state of various systems of the human body including the nervous, cardiovascular, and immune systems. The *objective* of our study was to assess the exposure to RF EMFs of cellular communication technical specialists and to establish occupations with the highest exposure levels. *Materials and methods:* Instrumental testing of energy flux density of the electromagnetic wave generated by BS receiving and transmitting equipment was carried out at service sites of cellular communication facilities by technical specialists of the industry. The time spent by technicians at workplaces with high EMF levels during the average work shift was measured. *Results:* The analysis of collected data showed that 28 % of energy flux density values measured at workplaces exceeded the maximum permissible level for the personnel serving radio transmitters and spending from 12 to 61 % of the work shift in the specified conditions. We established that network construction engineers, network operation engineers, power engineers, technical audit specialists, network development engineers, and mechanics were exposed to increased RF EMF levels. *Conclusion:* Our findings indicate the necessity to monitor and reduce occupational exposures of technical specialists of cellular communication in order to improve their working conditions and prevent, inter alia, RF EMS-related diseases.

**Keywords:** electromagnetic fields, radiofrequency range, transmitting radio engineering objects, cellular communication, base stations, workplaces, technical specialists.

**For citation:** Gorokhov EB, Lyapkalo AA. Radiofrequency electromagnetic field levels at workplaces of technical specialists of cellular communication. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):9–14. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-9-14>

### Author information:

✉ Evgeny B. **Gorokhov**, Chief specialist – Expert, Department of Sanitary Inspection for Occupational Hygiene, Communal and Radiation Hygiene, Tula Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: [GorohovEvgeny@mail.ru](mailto:GorohovEvgeny@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7372-6986>.

Alexander A. **Lyapkalo**, D.M.Sc., Professor, Department of Common Hygiene with a course in ecology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov; e-mail: [lyapkalo\\_a@mail.ru](mailto:lyapkalo_a@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3956-5514>.

**Введение.** С момента появления сотовой радиотелефонной связи в России появилась и определенная категория работников, обеспечивающих предоставление абонентам данных услуг. Деятельность работников сотовой связи связана с влиянием ряда неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса, одним из которых являются ЭМП РЧ. За более чем 50-летний период медико-биологических исследований по изучению причинно-следственных связей влияния ЭМП на здоровье человека накоплен достаточно большой материал, позволяющий объединить общие сведения о степени неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона [1–14]. В результате многочисленных исследований по изучению воздействия ЭМИ РЧ на здоровье населения были выявлены изменения в функционировании нервной системы, нарушения когнитивных функций, показаны факты влияния исследуемого излучения на параметры сердечно-сосудистой системы [15]. Специалисты связывают с электромагнитным излучением ряд серьезных и распространенных заболеваний: вегетососудистой дистонии, гипертонии, атеросклеротического кардиосклероза, церебрального атеросклероза. Следует уточнить, что, как правило, этими недугами страдают люди, постоянно находящиеся под воздействием излучения [16]. Имеется большое количество работ, в которых исследовали состояние нервной системы человека и животных в условиях действия ЭМИ. В ряде исследований сообщается об отсутствии каких-либо существенных последствий, связанных с воздействием, в других работах сообщается о значительных нарушениях в центральной нервной системе (ЦНС) [17]. На сегодняшний день не получено однозначного ответа на вопрос о наличии мутагенного действия ЭМИ РЧ на половые клетки животных и, следовательно, на наследование клеточных аномалий у потомства облученных животных [18]. Несмотря на большое количество научных исследований и публикаций, нет определенности относительно вреда ЭМП, при этом его вредное влияние на живые организмы не вызывает сомнений [19].

Таким образом, необходимость объективного изучения особенностей влияния модулированных ЭМП приобретает особую значимость в связи с широким распространением систем сотовой связи как источника профессионального и непрофессионального воздействия на человека ЭМП [20]. Чрезвычайно интенсивное развитие сотовой связи является причиной существенного увеличения электромагнитного фона [21]. Среди источников ЭМП неионизирующей природы большим разнообразием по назначению и режимам электромагнитного излучения отличаются источники, генерирующие ЭМИ в диапазоне радиочастот (ЭМП РЧ), т. е. от 30 кГц до 300 ГГц. Число базовых станций быстро увеличивается в связи с активным внедрением систем коммуникаций третьего (3G) и четвертого (4G) поколений [22]. Источниками электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) являются различные радиотехнические и электронные устройства, в том числе и радиосвязь [23].

Несомненно, что фактором, воздействующим на технических специалистов сотовой связи, являются ЭМП, создаваемые приемно-передающим оборудованием БС сотовой радиотелефонной связи, на рабочих местах. Антенны сотовой связи, как правило, размещаются на кровле и фасадах административных и жилых зданий, крышах и стенах промышленных предприятий, дымовых трубах, отдельно стоящих башнях, опорах, мачтах и столбах. Стоит отметить, что все эти варианты размещения оборудования связи не противоречат требованиям санитарных норм и правил при условии соблюдения допустимых уровней ЭМП для среды обитания, селитебной территории и рабочих мест. Указанные места размещения приемно-передающего оборудования являются площадками обслуживания БС, на которых проводятся работы техническим персоналом компаний сотовой связи. Уровни ЭМП радиочастотного диапазона на рабочих местах специалистов, обслуживающих радиотехнические объекты, не должны превышать 25 мВт/см<sup>2</sup> при 8 часовом рабочем дне. Несмотря на различные подходы и нормируемые величины, при сравнении измеренных значений с российскими и европейскими предельно допустимыми уровнями (ПДУ) российские ПДУ являются более строгими [24]. Соответствие ЭМИ санитарным нормам и соблюдение простых правил с систематическим мониторингом среды обитания позволяют не допустить превышения ПДУ и возникновения проблем, связанных со здоровьем [25].

Оборудование БС сотовой связи представлено секторными антеннами, антеннами радиорелейной связи (РРС), фидерными трактами, электрическими и кабельными проводами, аппаратной со специализированным набором технических средств. Секторные антенны, обычно в количестве 3 штук на 1 диапазон, устанавливаются по противоположным сторонам площадки размещения ПРТО и обеспечивают непосредственное покрытие территории обслуживания базовой станции. Антенны РРС связывают и передают информацию между ближайшими базовыми станциями и обеспечивают их взаимодействие. Антенно-фидерные тракты осуществляют энергоснабжение и передачу данных между структурными элементами базовых станций. В настоящее время выпускается большое число различных типов панельных антенн. Наряду с диаграммой направленности важной характеристикой антенны является рабочий частотный диапазон. Это может быть 1800, 1900, 2100, 2400 МГц и др. На многих базовых станциях используется не один диапазон, а сразу два (900 МГц и 1800 МГц) или даже три с учетом системы 3G (2100 МГц) [26]. Число абонентов сетей сотовой связи непрерывно возрастало и появилась потребность в дополнительных услугах сетей мобильной связи, таких как электронная почта, конференц-связь и др. [27]. Для современных базовых станций характерно увеличение числа антенн, работающих в разных частотных диапазонах GSM (900 и 1800 МГц), UMTS (2000 МГц), LTE (450 и 2600 МГц); количество сторонних операторов на одной площадке может доходить до трех – пяти [28]. Возникает необходимость визуализации распределения ППЭ в пределах

крыши не только на уровне 2 м, но и на высоте обслуживаемой антенны (для оценки производственных воздействий ЭМП) [29]. В местах скопления абонентов в прямой видимости БС преимущественный вклад в общий уровень электромагнитного фона вносят излучения множества БС на рассматриваемой городской территории [30].

В современной научной литературе достаточно подробно отражена история развития сотовой связи в мире и России и дана оценка дальнейшего влияния на рост и развитие отрасли услуг связи в будущем как перспективного направления развития коммуникационных и информационных технологий мирового ИТ-рынка, которое, в свою очередь, оказывает многофакторное влияние на среду обитания населения и работающих в социально-бытовых и производственных условиях. В литературе освещены различные вопросы влияния на здоровье человека сотовых телефонов как источника ЭМП РЧ. В то же время, учитывая, что сотовая связь вошла в повседневную жизнь сравнительно недавно, в исследованиях не приводятся подтвержденные данные об отдаленных последствиях влияния на организм человека сотовой связи, поскольку результаты можно будет получить и дать им научную оценку только по прошествии значительного времени проведения наблюдений. Научные исследования, проводимые в нашей стране и за рубежом, подтверждают влияние оборудования сотовой связи различных частотных диапазонов на различные системы организма человека [2, 3, 6, 8, 20, 22, 27, 28]. В то же время анализ и обсуждение существующих литературных источников показывают, что малоизученными являются вопросы комплексной оценки особенностей условий труда работников сотовой связи, в том числе с учетом воздействия уровней ЭМП РЧ [3, 6, 17, 19, 29]. Представленные материалы послужили основанием для постановки целей и задач настоящего исследования.

**Цель исследования.** Оценить фактические значения уровней ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов на площадках обслуживания передающих антенн и в аппаратных базовых станциях сотовой радиотелефонной связи и установить профессии, наиболее подверженные воздействию ЭМП РЧ со значениями, не соответствующими санитарным нормам.

**Материалы и методы.** В ходе исследований уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов компаний сотовой связи за периоды 2012–2014 гг. и 2018–2019 гг. выполнено более 1800 инструментальных измерений ППЭЭ на площадках обслуживания ПРТО в местах размещения приемо-передающих антенн и в аппаратных базовых станциях. Инструментальные измерения проводились в соответствии с методическими указаниями по методам контроля<sup>1</sup>. Для проведения исследований применялись

измеритель плотности потока энергии ПЗ-30 и измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40, поверенные в установленном порядке. Гигиеническая оценка и нормирование результатов измерений даны в соответствии с требованиями санитарных правил и нормативов<sup>2,3</sup>.

**Результаты.** На площадках обслуживания ПРТО подвергаются возможному воздействию ЭМП РЧ специалисты по техническому аудиту, энергетике, механике, инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, инженеры по развитию сети. Исследования выполнялись на базе 3 компаний (операторов связи), предоставляющих услуги сотовой сухопутной подвижной радиосвязи на территории г. Тулы и Тульской области. Измерения выполнялись в местах размещения приемо-передающих антенн на рабочих местах технических специалистов при выполнении ими производственных процессов и в помещениях аппаратных БС.

В ходе исследований уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов на площадках обслуживания БС нами зарегистрировалась ППЭЭ в пределах от 1 до 300 мкВт/см<sup>2</sup>. Соотношение полученных результатов к общему числу выполненных измерений ППЭЭ составило: от 0,1 до 25 мкВт/см<sup>2</sup> – 1332 измерения (72 %); от 26 до 99 мкВт/см<sup>2</sup> – 453 измерения (24,5 %), от 100 до 199 мкВт/см<sup>2</sup> – 33 измерения (1,8 %); от 200 до 300 мкВт/см<sup>2</sup> – 32 измерения (1,7 %). В итоге число исследований, при которых установлены уровни ППЭЭ, превышающие допустимые нормативные значения 25 мкВт/см<sup>2</sup>, принятые для работников, профессионально связанных с возможным воздействием ЭМП, составило 518 измерений (28 %) от общего числа проведенных исследований. Результаты части исследований, которые не учитывались в окончательном анализе полученных данных, находились ниже пределов чувствительности прибора и составляли < 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>. Средние показатели ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов на базовых станциях с нижним и верхним значениями ДИ 95 % представлены в табл. 1.

Следует отметить, что ППЭЭ на площадках обслуживания в местах размещения приемо-передающих антенн базовых станций на 28 % исследованных рабочих мест превышали ПДУ от 1,1 до 12 раз. Эти показатели получены при эксплуатации всего комплекса радиотехнического оборудования различных операторов связи, установленного на площадках обслуживания, так как непосредственно приемо-передающие антенны являются значительным источником ЭМП, уровни которых при выходе из антенны могут многократно превышать допустимые нормативы.

По результатам исследований средние значения уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов по профессиям составили:

<sup>1</sup> МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ-радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи», утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.06.2003 г.

<sup>2</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи», утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30.01.2003 г., введены в действие 01.06.2003 г.

<sup>3</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов», утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.06.2003 г., введены в действие 30.06.2003 г.

Таблица 1. Средние показатели уровней ППЭЭ на базовых станциях сотовой связи  
Table 1. Average values of electromagnetic energy flux density at cellular base stations

Место проведения измерений / Measuring site	Фактическое значение, мкВт/см <sup>2</sup> (ДИ) / n – количество исследований / Actual value, μW/cm <sup>2</sup> (CI) / n – number of measurements	ПДУ, мкВт/см <sup>2</sup> / Maximum permissible level, μW/cm <sup>2</sup>
Площадки обслуживания базовых станций / Base station service platforms	21,3 (14,3 : 28,3) n = 1530	25
Аппаратные базовых станций / Base station instrument rooms	1,9 (1,6 : 2,2) n = 320	

– инженеры по развитию сети: оператор связи № 1 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 76,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $36 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 71,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $41 \pm 8$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 69,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $32 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– специалисты по техническому аудиту: оператор связи № 1 – от 1,5 мкВт/см<sup>2</sup> до 55,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $37 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 3,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 62,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $42 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 64,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $44 \pm 5$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– механики: оператор связи № 1 – от 1,8 мкВт/см<sup>2</sup> до 63,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $29 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 72,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $33 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 69,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $34 \pm 3$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– энергетики: оператор связи № 1 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 83,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $62 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 5,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 75,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $55 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 72,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $51 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– инженеры по строительству сети: оператор связи № 1 – от 2,5 мкВт/см<sup>2</sup> до 149,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $85 \pm 9$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 161,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $88 \pm 5$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 170,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $81 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– инженеры по эксплуатации сети: оператор связи № 1 – от 6,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 300,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $117 \pm 8$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 11,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 282,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $112 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 15,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 265,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $110 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>).

Процент исследований ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов с уровнями, превышающими предельно допустимые, представлены в табл. 2.

Учитывая результаты исследований, можно сделать вывод, что показатели уровней ЭМП РЧ являются важным гигиенически значимым физическим фактором на рабочих местах технических специалистов сотовой связи в процессе их производственной деятельности. По данным хронометражных исследований затрат рабочего времени установлено, что продолжительность нахождения технических специалистов на площадках обслуживания, в том числе на рабочих местах, где зарегистрированы уровни ЭМП РЧ, превышающие ПДУ, в среднем составляет для механиков 12,6 % рабочего времени, инженеров по развитию сети – 17,5 %, специалистов по техническому аудиту – 18,5 %, энергетиков – 20,4 %, инженеров по эксплуатации сети – 42,1 %, инженеров по строительству сети – 61,3 %. Таким образом, под значительное воздействие уровней ЭМП РЧ ПРТО по количественным и временным характеристикам в большей степени попадают

Таблица 2. Доля исследований ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов с уровнями, превышающими предельно допустимые

Table 2. The percentage of results of electromagnetic energy flux density measurements exceeding the maximum permissible level at workplaces of technical specialists

Профессии / Occupations	Оператор связи № 1 / Telecom operator No. 1		Оператор связи № 2 / Telecom operator No. 2		Оператор связи № 3 / Telecom operator No. 3	
	Доля исследова- ний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>	Доля исследо- ваний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>	Доля исследо- ваний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>
Инженеры по развитию сети / Network development engineers	18 ± 2	36 ± 7	21 ± 2	41 ± 8	18 ± 1	32 ± 4
Специалисты по техниче- скому аудиту / Technical audit specialists	12 ± 1	37 ± 6	20 ± 1	42 ± 6	18 ± 2	44 ± 5
Механики / Mechanics	17 ± 1	29 ± 4	21 ± 2	33 ± 6	16 ± 1	34 ± 3
Энергетики / Power engineers	22 ± 1	62 ± 6	21 ± 1	55 ± 4	19 ± 2	51 ± 7
Инженеры по строитель- ству сети / Network construction engineers	25 ± 2	85 ± 9	27 ± 2	88 ± 5	25 ± 1	81 ± 4
Инженеры по эксплуатации сети / Network operation engineers	34 ± 3	117 ± 8	29 ± 2	112 ± 7	31 ± 3	110 ± 6

инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, энергетики, а в меньшей степени – специалисты по техническому аудиту, инженеры по развитию сети, механики. Анализируя результаты исследований уровней ЭМП, создаваемых передающими антеннами базовых станций сотовой связи, можно сделать вывод, что с учетом работы полного комплекса радиотехнического оборудования на 28 % рабочих мест технических специалистов при 8-часовом рабочем дне условия труда будут отнесены к вредному классу условий труда (3) при воздействии неионизирующих излучений. В свою очередь, на рабочих местах специалистов по техническому аудиту, инженеров по развитию сети, инженеров по планированию и оптимизации сети, энергетиков и механиков указанный вредный класс (3) можно отнести к 1 степени (3.1) с превышением ПДУ  $\leq 3$  раза; на рабочих местах инженеров по эксплуатации сети и инженеров по строительству сети – ко 2 степени (3.2) с превышением ПДУ  $\leq 5$  раз. При этом уровни ЭМП на 72 % рабочих мест всех профессиональных групп технических специалистов находились в рамках ПДУ.

**Заключение.** Гигиеническая оценка уровней ЭМП РЧ с последующим анализом полученных данных, в том числе при организации и проведении производственного контроля за соблюдением санитарных правил и нормативов, позволит компаниям сотовой связи организовать трудовой процесс, создавая допустимые условия труда на рабочих местах. Таким образом будет повышена эффективность работы ключевых групп технических специалистов и осуществлена профилактика возникновения различных нозологических форм заболеваний вследствие воздействия неблагоприятных физических факторов производственной среды. Эти результаты могут быть достигнуты путем регламентации и сокращения рабочего времени при нахождении в условиях с превышением ПДУ ЭМП, снижения мощности или полного отключения оборудования ПРТО при техническом обслуживании операторами, использования работниками рекомендованных средств индивидуальной защиты и прохождения регулярных медицинских осмотров.

**Информация о вкладе авторов:** Е.Б. Горохов – обзор литературы по теме, сбор, обработка и обобщение данных, написание текста; А.А. Ляпкало – разработка и корректировка дизайна исследования.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки, авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 5–6, 8–14 см. References)

1. Григорьев Ю.Г. Электромагнитная безопасность человека // Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения. 1999. 145 с.
2. Григорьев Ю.Г., Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Оценка опасности электромагнитных полей базовых станций для населения и биосистем // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45. № 6. С. 726–731.
3. Григорьев Ю.Г. Значимость адекватной информации по оценке опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения (первая четверть XXI века) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2020. Т. 60. № 5. С. 532–540.
4. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Проблемы гармонизации гигиенических регламентов электромагнитных полей мобильных средств радиосвязи // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 3. С. 39–42.
5. Григорьев Ю.Г. Сравнительные оценки опасности ионизирующих и неионизирующих электромагнитных излучений // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52. № 2. С. 215–218.
6. Ященко С.Г., Рыбалко С.Ю. Мониторинг электромагнитной обстановки санаторно-курортных зон Крыма // Вестник физиотерапии и курортологии. 2018. Т. 24. № 1. С. 132.
7. Касьянова В.В., Ващенко В.В., Черкесова Л.В. Влияние сетевых вышек на здоровье человека // Молодой исследователь Дона. 2019. № 3 (18). С. 15–18.
8. Наумов А.Д. Воздействие высокочастотных электромагнитных полей на нервную систему // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2020. Т. 19. № 4. С. 7–13.
9. Шибкова Д.З., Шилкова Т.В., Овчинникова А.В., Ефимова Н.В. Цитогенетические эффекты воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона у облученных экспериментальных животных и их потомства // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. Т. 58. № 6. С. 646–652.
10. Демидов В.В., Демидов А.В. Обеспечение электромагнитной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации промышленных и гражданских объектов // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3(74). С. 242–248.
11. Седов Д.С., Махина В.И., Иванченко М.Н. Влияние электромагнитного излучения, создаваемого мобильными устройствами, на здоровье человека // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2012. Т. 2. № 11. С. 918–919.
12. Мордачев В.И. Электромагнитный фон, создаваемый базовым и абонентским радиооборудованием сотовых радиосетей // Доклады БГУИР. 2016. № 1 (95). С. 38–44.
13. Луценко Л.А., Егорова А.М., Гвоздева Л.Л., Турдыев Р.В. Вопросы гигиенической безопасности сотовой связи // Гигиена, токсикология, профилактика: традиции и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием под ред. д.м.н., проф. Поповой А.Ю., акад. РАМН, проф. Ракитского В.Н. М., 2016. С. 139–143.
14. Шувалова Е.А., Тюрина А.А., Орехова А.Ю. Современные тенденции разработки отделочных строительных материалов для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона // Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2017. № 6 (33). С. 47–49.
15. Перов С.Ю., Богачева Е.В. Сравнение методов оценки носимых средств связи: российский и международный подходы // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 3. С. 36–40.
16. Джанаев С.А.-Б., Алишева А.Е., Цыгута А.Н. Методы определения уровня электромагнитного поля беспроводных систем связи и их соответствие требованиям санитарных норм // Научный результат. Информационные технологии. 2018. Т. 3. № 1. С. 43–52.
17. Глоба М.Д., Наслузова О.И. Антенны для приема и передачи сигналов сотовой связи // Эпохи науки. 2015. № 4. С. 140.
18. Зубарев Ю.Б., Самойлов А.Г. О развитии мобильной связи пятого поколения // Перспективные технологии в средствах передачи информации (ПТСПИ). 2017. С. 5–10.
19. Егорова А.М., Луценко Л.А. Актуальные проблемы гигиенической безопасности базовых станций сотовой связи // Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 105–107.
20. Звездина М.Ю., Шоков А.В., Шокова Ю.А., Лебедев А.Р. Оценка электромагнитной обстановки

на крыше жилого здания в присутствии антенны сотовой связи // Вестник Донского государственного технического университета. 2015. Т. 15. № 3 (82). С. 102–110.

30. Свистунов А.С. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями и абонентскими устройствами сотовых радиосетей в местах с высокой плотностью населения // Доклады БГУИР. 2018. № 6 (116). С. 26–31.

#### References

1. Grigoriev YuG. [Human Electromagnetic Safety.] *Russian National Committee for Protection against Non-Ionizing Radiation*. 1999. (In Russian).
2. Grigoriev YuG, Grigoriev KA. The electromagnetic fields of the base stations of the mobile radio communication and ecology. The estimation of danger of the base station EMF for population and for biosystems. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2005;45(6):726–731. (In Russian).
3. Grigoriev YuG. Significance of adequate information about the danger of cellular connection for health of population in the XXI century. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2020;60(5):532–540. (In Russian). doi: 10.31857/S0869803120050045
4. Paltsev YuP, Pokhodzey LV, Rubtsova NB, Bogacheva EV. Problems of harmonization of sanitary regulations of the electromagnetic fields of mobile radio communications equipment. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(3):39–42. (In Russian).
5. Dolan M, Rowley J. The precautionary principle in the context of mobile phone and base station radiofrequency exposures. *Environ Health Perspect*. 2009;117(9):1329–32. doi: 10.1289/ehp.0900727
6. Elmas O. Effects of electromagnetic field exposure on the heart: a systematic review. *Toxicol Ind Health*. 2016;32(1):76–82. doi: 10.1177/0748233713498444
7. Grigoriev YuG. Ionizing and non-ionizing radiation (comparative risk estimations). *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2012;52(2):215–218. (In Russian).
8. Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem Biophys*. 2013;65(2):85–96. doi: 10.1007/s12013-012-9414-6
9. Kovacic P, Somanathan R. Electromagnetic fields: mechanism, cell signaling, other bioprocesses, toxicity, radicals, antioxidants and beneficial effects. *J Recept Signal Transduct Res*. 2010;30(4):214–26. doi: 10.3109/10799893.2010.488650
10. Leitgeb N. Improved classification of evidence for EMF health risks. *Health Phys*. 2012;103(2):195–9. doi: 10.1097/HP.0b013e31825aa453
11. Naarala J, Höytö A, Markkanen A. Cellular effects of electromagnetic fields. *Altern Lab Anim*. 2004;32(4):355–60. doi: 10.1177/026119290403200406
12. Nayyeri V, Hashemi SM, Borna M, Jalilian HR, Soleimani M. Assessment of RF radiation levels in the vicinity of 60 GSM mobile phone base stations in Iran. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013;155(2):241–4. doi: 10.1093/rpd/ncs319
13. Seitz H, Stinner D, Eikmann Th, Herr C, Röösl M. Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication – a literature review published between 2000 and 2004. *Sci Total Environ*. 2005;349(1–3):45–55. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.05.009
14. Vanderstraeten J. [GSM fields and health: an updated literature review.] *Rev Med Brux*. 2009;30(4):416–24. (In French).
15. Yashchenko SG, Rybalko SYu. [Monitoring of the electromagnetic environment in health resort areas of Crimea.] *Vestnik Fizioterapii i Kurortologii*. 2018;24(1): 132. (In Russian).
16. Kasyanova VV, Vashchenko VV, Cherkessova LV. Influence of network towers on human health. *Molodoy Issledovatel' Dona*. 2019;3(18):15–18. (In Russian).
17. Navumau AD. The impact of high frequency electromagnetic fields on the nervous system. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;19(4):7–13. (In Russian). doi: 10.22263/2312-4156.2020.4.7
18. Shibkova DZ, Shilkova TV, Ovchinnikova AV, Yefimova NV. Cytogenetic effects of electromagnetic radiation of radio-frequency range on irradiated experimental animals and their posterity. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2018;58(6):646–652. (In Russian). doi: 10.1134/S0869803118060115
19. Demidov VP, Demidov AV. Ensuring electromagnetic safety during design, construction, reconstruction and operation of industrial and civil facilities. *Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov*. 2019;(3(74)):242–248. (In Russian). doi: 10.23968/1999-5571-2018-16-3-242-248
20. Sedov DS, Makhina VI, Ivanchenko MN. [Influence of electromagnetic radiation generated by mobile devices on human health.] *Byulleten' Meditsinskikh Internet-Konferentsiy*. 2012;2(11):918–919. (In Russian).
21. Mordachev VI. Electromagnetic background created by base and mobile radio stations of cellular communications. *Doklady BGUIR*. 2016;(1(95)):38–44. (In Russian).
22. Lutsenko LA, Egorova AM, Gvozdeva LL, Turdyev RV. [Issue of hygienic safety of cellular communication]. In: *Hygiene, Toxicology, Occupational Pathology: Traditions and Modernity: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 9–10, 2016*. Popova AYu, Rakitsky VN, eds. Moscow: Dashkov & Co Publ., 2016:139–143. (In Russian).
23. Shuvalova EA, Tyurina AA, Orekhova AYu. Modern trends in the development of finishing construction materials for protection against electromagnetic radiation radio frequency. *Natsional'naya Assotsiatsiya Uchenykh (NAU)*. 2017;(6(33)):47–49. (In Russian).
24. Perov SYu, Bogacheva EV. Comparison of portable communication evaluation: Russian and international approaches. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2012;(3):36–40. (In Russian).
25. Dzhanayev SAB, Alisheva AE, Tsyguta AN. Methods for determining the level of the electromagnetic field of wireless communication systems and their conformity to the requirements of sanitary standards. *Nauchnyy Rezul'tat. Informatsionnye Tekhnologii*. 2018;3(1):43–52. (In Russian). doi: 10.18413/2518-1092-2018-3-1-43-52
26. Globa MD, Nasluzova OI. [Antennas for receiving and transmitting cellular signals.] *Epokha Nauki*. 2015;(4):140. (In Russian).
27. Zubarev YuB, Samoilov AG. [About the development of mobile communications of the fifth generation.] In: *Advanced Technologies in the Means of Information Transmission – PTSPI-2017: Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference, Suzdal, July 5–7, 2017*. Vladimir: Vladimirskiy Gosudarstvennyy Universitet Publ., 2017:5–10. (In Russian).
28. Egorova AM, Lutsenko LA. [Actual problems of hygienic safety of cellular base stations.] In: *Topical Issues of Organization of Control and Supervision of Physical Factors: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, May 25–26, 2017*. Popova AYu, ed. Moscow: Dashkov & Co. Publ., 2017:105–108. (In Russian).
29. Zvezdina MYu, Shokova YuA, Lebedev AR. Electromagnetic radiation security estimation on the residential building roof for cellular antenna. *Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2015;15(3(82)):102–110. (In Russian). doi: 10.12737/12591
30. Svistunov AS. Estimation of electromagnetic background level created by base and mobile stations of cellular radionetworks in urban area with high density of population. *Doklady BGUIR*. 2018;(6(116)):26–31. (In Russian).