

EDN: <https://elibrary.ru/vxfsvx>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-397-405>

УДК 613.648.2

© Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., 2023

Походзей Л.В., Пальцев Ю.П.

Критический анализ отечественных и зарубежных гигиенических регламентов ЭМП, создаваемых современными системами беспроводной связи и коммуникаций

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275

Представлен критический анализ отечественных СанПиН-ов, международных рекомендаций (ICNIRP 2020, EC Council Recommendation 1999/519/EC, Директива EC Directive 2013/35/EC, IEEE Std C95.1-2019) и национальных стандартов США, Англии, ФРГ, Франции, КНР, Италии и Швейцарии, устанавливающих гигиенические регламенты ЭМП радиочастотного диапазона (РЧ), создаваемых современными системами беспроводной связи и коммуникаций. Показано, что ПДУ ЭМП РЧ на рабочих местах и для населения, установленные в РФ, являются в целом наиболее жёсткими по сравнению с зарубежными рекомендациями, что обусловлено разными методологическими подходами к гигиеническому нормированию фактора. В РФ гигиенические нормативы ЭМП разрабатываются на основании комплексных гигиенических, клинико-физиологических, эпидемиологических и хронических экспериментальных исследований биоэффектов нетепловых уровней. Большинство зарубежных стран в качестве национальных стандартов ЭМП используют международные рекомендации, в основе определения порогового уровня ЭМП лежит тепловой эффект. Для решения вопросов гармонизации гигиенических регламентов ЭМП РЧ необходимо проведение углублённых научных исследований по изучению особенностей их биологического действия и влияния на здоровье человека, особенно учитывая, что ЭМП, создаваемые современными системами беспроводной связи и коммуникаций, по своим многочастотным характеристикам, режимам модуляции, интенсивности-временным параметрам, характеру и режимам воздействия на работников и население, существенно отличаются от ЭМП, для которых были установлены ныне действующие гигиенические регламенты.

Этика. Данное исследование не требовало заключения этического комитета.

Ключевые слова: электромагнитные поля; радиочастотный диапазон; российские и зарубежные гигиенические регламенты; системы беспроводной связи и коммуникаций; базовые станции сотовой связи

Для цитирования: Походзей Л.В., Пальцев Ю.П. Критический анализ отечественных и зарубежных гигиенических регламентов ЭМП, создаваемых современными системами беспроводной связи и коммуникаций. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(6): 397–405. <https://elibrary.ru/vxfsvx> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-397-405>

Для корреспонденции: Походзей Лариса Васильевна, вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», д-р мед. наук. E-mail: Lapokhodzey@yandex.ru

Участие авторов:

Походзей Л.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;

Пальцев Ю.П. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 12.05.2023 / Дата принятия к печати: 18.05.2023 / Дата публикации: 12.06.2023

Larisa V. Pokhodzey, Yuriy P. Paltsev

Critical analysis of Russian and foreign hygienic regulations of electromagnetic fields (EMF) created by modern wireless communication and communication systems

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275

The authors present a critical analysis of domestic SanPiNs, international recommendations (ICNIRP 2020, EU Council Recommendation 1999/519/EC, EU Directive 2013/35/EC, IEEE Std C95.1-2019) and national standards of the USA, England, Germany, France, China, Italy and Switzerland establishing hygienic regulations for radio frequency band EMF RF created by modern wireless communication and communications systems. It is shown that the RF EMF remote controls in the workplace and for the population, installed in the Russian Federation, are generally the most stringent compared to foreign recommendations, due to different methodological approaches to the hygienic rationing of the factor. In the Russian Federation, hygienic standards of EMF are developed on the basis of comprehensive hygienic, clinical-physiological, epidemiological and chronic experimental studies of bioeffects of non-thermal levels. Most foreign countries use international recommendations as national EMF standards, the basis for determining the threshold level of EMF is the thermal effect. In order to solve the issues of harmonization of hygienic standards of RF EMF, it is necessary to conduct in-depth scientific research to study the features of their biological action and impact on human health. It should be taken into account that the EMFs created by modern wireless communication systems, according to their multi-frequency characteristics, modulation modes, intensity and time parameters, the nature and methods of exposure to workers and the population, differ significantly from EMFs for which there are already existing hygienic standards.

Ethics. This study did not require the conclusion of the Ethics Committee.

Keywords: electromagnetic fields; radio frequency range; Russian and foreign hygiene regulations; wireless communication and communications systems; cellular base stations

For citation: Pokhodzey L.V., Palkov Yu.P. Critical analysis of Russian and foreign hygienic regulations of EMF created by modern wireless communication and communications systems. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(6): 397–405. <https://elibrary.ru/vxfsvx> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-397-405> (in Russian)

For correspondence: Larisa V. Pokhodzey, the leading researcher of Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: Lapokhodzey@yandex.ru

Information about the authors: Pokhodzey L.V. <https://orcid.org/0000-0003-3561-1605>
Paltsev Yu.P. <https://orcid.org/0000-0002-3999-0457>

Contribution:

Pokhodzey L.V. — concept and design of research, data collection and processing, text writing, editing;
Paltsev Yu.P. — concept and design of research, data collection and processing, text writing, editing.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 12.05.2023 / Accepted: 18.05.2023 / Published: 12.06.2023

Введение. Интенсивное развитие систем радиотелефонной связи и коммуникаций в России и зарубежных странах характеризуется очередным этапом совершенствования технологий беспроводной передачи данных посредством электромагнитных полей радиочастот (ЭМП РЧ). Это влечет за собой расширение областей их применения, увеличение количества и разнообразия источников в среде обитания человека, особенно в условиях мегаполиса, и как следствие, приводит к формированию сложной электромагнитной обстановки, которая может оказывать неблагоприятное влияние на функциональное состояние ведущих систем организма вплоть до развития различных заболеваний [1–10].

Сохранение здоровья человека является основным приоритетом национальной политики. Особую остроту приобретает необходимость обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия работников и населения в части профилактики воздействия на них ЭМП при производстве и эксплуатации действующих и перспективных беспроводных систем связи и коммуникаций.

В РФ на государственном уровне утверждён целый ряд постановлений, направленных на дальнейшее развитие исследований в области цифровых технологий, в том числе с использованием систем беспроводной связи и коммуникаций: «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» (Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642), «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ и Критические технологии РФ» (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899), «Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы)» (распоряжение Правительства РФ № 3684-р от 31 декабря 2020 г.), Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (принята в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и утверждена 24 декабря 2018 года на заседании президиума Совета при Президенте России по стратегическому развитию и национальным проектам).

В настоящее время данные технологии лежат в основе функционирования сотовой (GSM (2G), UMTS (3G), LTE (4G) и 5G/IMT-2020 (5G)), транкинговой, спутниковой связи, беспроводной телефонии, профессиональных и любительских радиостанций, а также беспроводных сетей передачи данных различного радиуса действия и назначения (технологии Wi-Fi и WiMAX, «Интернет вещей» и др.), при этом границы диапазона частот, в котором они работают, чрезвычайно широки — от десятков кГц до десятков ГГц [11–16].

В основе обеспечения электромагнитной безопасности человека лежит научное обоснование предельно допустимых уровней ЭМП и контроль соблюдения требований и рекомендаций нормативно-методических документов (НМД), устанавливающих порядок проведения гигиенической оценки фактора.

В данной статье представлен критический анализ современного состояния гигиенического нормирования ЭМП радиочастотного диапазона (30 кГц – 300 ГГц) в РФ и за рубежом.

Нормативно-правовая база по гигиенической регламентации ЭМП РЧ в Российской Федерации. В настоящее время в РФ действует Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (№ 52-ФЗ от 30.03.1999 г.), который направлен на обеспечение конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду [17].

Научное обоснование и разработка нормативно-методических документов по гигиенической регламентации производственных и внепроизводственных воздействий вредных и опасных факторов, включая электромагнитные поля, осуществляется в соответствии с «Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании», утверждённом постановлением Правительства РФ от 24.07.2000 г. № 554 [18].

В РФ гигиенические нормативы ЭМП разрабатываются на основании комплексных гигиенических, клинико-физиологических, эпидемиологических и экспериментальных исследований. Гигиенические исследования ставят своей целью изучение интенсивностно-временных параметров ЭМП в реальных производственных или внепроизводственных условиях. Клинико-физиологические исследования направлены на выявление нарушений физиологических функций и состояния здоровья человека. При проведении эпидемиологических исследований изучаются отдалённые последствия воздействия фактора, включая общесоматическую патологию, канцерогенные, генетические и др. эффекты. Основным вклад в обоснование гигиенических нормативов ЭМП вносят экспериментальные исследования, направленные на определение порога вредного действия ЭМП, изучение особенностей и характера биологического действия в условиях острых, подострых и хронических воздействий. Предельно допустимые уровни ЭМП устанавливаются с учетом коэффициента гигиенического запаса (дифференцированного для разных частотных диапазонов и режимов генерации) и применением критериев экстраполяции результатов эксперимента с животных на человека.

В основе гигиенической регламентации ЭМП, как и других факторов химической и физической природы, заложен принцип исключения их вредного влияния на состояние здоровья работающих на протяжении всего периода их трудовой деятельности, а для населения — в течение всей жизни настоящего и последующих поколений.

Современные гигиенические нормативы производственных воздействий ЭМП в большинстве случаев построены с учетом времени воздействия за рабочую смену. Гигиенические нормативы ЭМП для населения являются более строгими, чем нормативы производственных воздействий, т. к. они установлены с учетом возможности круглосуточного облучения и должны обеспечивать сохранение здоровья не только лиц трудоспособного возраста, но и относя-

щихся к категории повышенного риска, в первую очередь, детей, пожилых, больных людей и беременных женщин.

В настоящее время гигиенические нормативы (ПДУ) производственных и внепроизводственных воздействий ЭМП РЧ, создаваемых современными и перспективными системами беспроводной связи и коммуникаций, представлены в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [19], утверждённых Постановлением № 2 главного государственного санитарного врача РФ от 29.01.2021 г. и введенных в действие 01.03.2021 г.

ПДУ электрических, магнитных и ЭМП на рабочих местах приведены в разделе V. «Физические факторы (за исключением ионизирующего излучения)» в пунктах 47–52.

Нормирование производственных воздействий ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц на рабочих местах за смену представлены в **таблице 1**.

Для кратковременного воздействия ($\leq 0,2$ ч за рабочую смену) ПДУ напряжённости электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в **таблице 2**.

Следует обратить внимание на то, что в ныне действующем СанПиН 1.2.3685-21 остались неотнормированными магнитные поля двух частотных диапазонов ($\geq 3,0$ – 30,0 МГц и $\geq 50,0$ – 300,0 МГц). ФГБНУ «НИИ МТ» в рамках бюджетной научно-исследовательской работы, выполнявшейся в 2019–2021 гг., были научно обоснованы ПДУ МП для этих диапазонов:

- ≥ 3 – 30 МГц — ПДУ ЭЭН=8 (А/м)²·ч, ПДУ H_{\max} =10 А/м;

- ≥ 50 – 300 МГц — ПДУ ЭЭН=0,21 (А/м)²·ч, ПДУ H_{\max} =1,6 А/м.

Гигиенические регламенты ЭМП в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях представлены в СанПиН 1.2.3685-21 в разделе V. «Физические факторы» (таблица 5.42, пункты 124, 125).

В **таблице 3** приведены ПДУ ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения.

Следует отметить, что для населения ПДУ магнитных полей в РФ в диапазоне 30 кГц – 300 МГц не установлены, отнормирована только электрическая составляющая.

Международные и зарубежные национальные нормативные документы по гигиенической регламентации ЭМП РЧ. Основными международными нормативно-методическими документами, устанавливающими гигиенические регламенты воздействий на персонал и население ЭМП в диапазонах частот, на которых работают современные системы беспроводной связи и коммуникаций, являются руководство ICNIRP 2020 [20], рекомендация EC Council Recommendation 1999/519/EC [21], Директива EC Directive 2013/35/EC [22], стандарт безопасности IEEE Std C95.1-2019 [23]. Следует подчеркнуть, что в отличие от российских СанПиН, все они носят рекомендательный характер, а в основе определения порогового уровня ЭМП радиочастотного диапазона лежит тепловой эффект.

В настоящих руководствах вводятся два уровня ограничений:

- основные ограничения — ограничения воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей, в основу которых положены механизмы взаимодействия ЭМП с биообъектами: для ЭМП РЧ (как считают авторы этих документов)

Таблица 1 / Table 1

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц на рабочих местах [19]
Maximum Permissible Levels (MPL) of EMF energy exposures in the frequency range ≥ 30 kHz - 300 GHz in the workplace [19]

Параметр	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот, МГц				
	$\geq 0,03 - 3,0$	$\geq 3,0 - 30,0$	$\geq 30,0 - 50,0$	$\geq 50,0 - 300,0$	$\geq 300,0 - 300000,0$
ЭЭ _В (В/м) ² ·ч	20 000	7 000	800	800	—
ЭЭ _Н (А/м) ² ·ч	200	—	0,72	—	—
ЭЭ _{ППЭ} (мкВт/см ²)·ч	—	—	—	—	200

Таблица 2 / Table 2

Максимальные ПДУ напряжённости и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц [19]
The maximum MPL of the EMF strength and power density of the in the frequency range ≥ 30 kHz - 300 GHz

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	$\geq 0,03 - 3$	$\geq 3 - 30$	$\geq 30 - 50$	$\geq 50 - 300$	$\geq 300 - 300000$
E, В/м	500	300	80	80	—
H, А/м	50	—	3,0	—	—
ППЭ, мкВт/см ²	—	—	—	—	1 000

Таблица 3 / Table 3

ПДУ ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения [19]
EMF MPL of the frequency range 30 kHz - 300 GHz for the population

Диапазон частот	30–300 кГц	0,3–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряжённость электрического поля, E (В/м)				Плотность потока энергии, ППЭ (мкВт/см ²)
ПДУ	25	15	10	3	10

— это удельная поглощённая мощность (УПМ) — *specific absorption rate (SAR)* — количество поглощённой электромагнитной энергии в расчете на единицу массы тела, выражаемое в Вт/кг;

- контролируемые уровни введены для практической оценки внешнего воздействия и позволяют определить их соответствие основным ограничениям (напряжённость электрического (*E*) и магнитного (*H*) поля, плотность магнитного потока (*B*), плотность потока энергии (ППЭ).

Руководством ICNIRP 2020 «*Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*» устанавливаются гигиенические нормативы производственных и внепроизводственных воздействий ЭМП в диапазоне частот 100 кГц – 300 ГГц [20]. При этом регламентируются контролируемые уровни экспозиции (*reference levels for exposure*) при воздействии на всё тело (невозмущённые среднеквадратичные значения — *unperturbed rms values*), усреднённые за 30 минутный временной интервал (*табл. 4*).

Директива Европейского парламента и совета *Directive 2013/35/EC* [22], где представлены минимальные требования к защите от рисков воздействия ЭМП на здоровье работников, а также рекомендации Евросоюза — *Council Recommendation 1999/S19/EC* [21] по обеспечению защиты населения от воздействия ЭМП, близки по нормируемым величинам ICNIRP 2020 [20].

В стандарте *IEEE Std C95.1-2019* [23], разработанном международным комитетом по электромагнитной безопасности *IEEE*, контролируемые уровни воздействия ЭМП в диапазоне частот 100 кГц – 300 ГГц, усреднен-

ные за 30-минутный временной интервал, установлены для производственных условий (*табл. 5*) и населения.

В ряде зарубежных стран наряду с международными рекомендациями действуют самостоятельные национальные документы по гигиенической регламентации ЭМП РЧ, которые разрабатываются различными организациями и, как правило, имеют рекомендательный характер.

В США действуют несколько нормативных документов, регулирующих производственные и внепроизводственные воздействия ЭМП.

Стандартом по безопасности и медицине труда (*Occupational Safety and Health Administration*) — *OSHA* для производственных воздействий ЭМП в диапазоне частот 10 МГц – 100 ГГц установлен предельно допустимый уровень 10 мВт/см² для 0,1 часа (6 мин) [24]. Эта величина не меняется на протяжении десятилетий.

В руководстве американской ассоциации государственных гигиенистов труда (*The American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) *ACGIH 2020* года [25] представлены контролируемые уровни ЭМП в диапазоне радиочастот 30 кГц – 300 ГГц на рабочих местах (*табл. 6*).

Руководство Федеральной комиссии по связи *FCC* «*Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields*» [26] устанавливает гигиенические регламенты производственных и внепроизводственных воздействий ЭМП в диапазоне частот 300 кГц – 100 ГГц, которые представлены в *таблице 7*.

В Англии гигиенические регламенты производственных воздействий ЭМП, создаваемых современными системами беспроводной связи и коммуникаций, регулируются Постановлением 2016 г. *No. 588* «*The Control of*

Таблица 4 / Table 4

Контролируемые уровни ЭМП в диапазоне частот 100 кГц – 300 ГГц при общем воздействии [20]
EMF reference levels in the frequency range of 100 kHz – 300 GHz with total exposure [20]

Частотный диапазон	Е, В/м	Н, А/м	ППЭ, Вт/м ²	Е, В/м	Н, А/м	ППЭ, Вт/м ²
	Производственные воздействия			Внепроизводственные воздействия		
0,1–30 МГц	660/ <i>f</i> ^{0,7}	4,9/ <i>f</i>	—	300/ <i>f</i> ^{0,7}	2,2/ <i>f</i>	—
30–400 МГц	61	0,16	10	27,7	0,073	2
400–2 000 МГц	3 <i>f</i> ^{0,5}	0,008 <i>f</i> ^{0,5}	<i>f</i> /40	1,375 <i>f</i> ^{0,5}	0,0037 <i>f</i> ^{0,5}	<i>f</i> /200
2–300 ГГц	—	—	50	—	—	10

Примечание: *f* — частота, МГц, *f_G* — частота, ГГц (здесь и в таблицах 5, 6, 7).
 Note: *f* — frequency, MHz, *f_G* — frequency, GHz (here and in Tables 5, 6, 7).

Таблица 5 / Table 5

Контролируемые уровни производственных воздействий ЭМП в диапазоне частот 100 кГц – 300 ГГц [23]
EMF reference levels in the frequency range of 100 kHz – 300 GHz in the workplace [23]

Частота <i>f</i> , МГц	Производственные воздействия			
	Е, В/м	Н, А/м	ППЭ, Вт/м ²	
			ППЭ _Е	ППЭ _Н
0,1–1	1 842	16,3/ <i>f</i>	9 000	10 ⁵ / <i>f</i> ²
1–30	1 842/ <i>f</i>		9 000/ <i>f</i> ²	
30–100	61,4		10	
100–400		0,163	10	
400–2 000	—	—	<i>f</i> /40	50
2 000–6 000	—	—	50	
6 000–300 000	—	—		
300 000	—	—	—	—

Таблица 6 / Table 6

Контролируемые уровни ЭМП в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц на рабочих местах [25]
EMF reference levels in the frequency range of 30 kHz – 300 GHz in the workplace [25]

Частота, f	ППЭ, Вт/м ²	E, В/м	H, А/м	Время усреднения (мин)
30 кГц – 100 кГц	—	1 842	163	6
100 кГц – 1 МГц	—	1 842	16,3/ f	6
1 МГц – 30 МГц	—	1 842/ f	16,3/ f	6
30 МГц – 100 МГц	—	61,4	16,3/ f	6
100 МГц – 300 МГц	10	61,4	0,163	6
300 МГц – 3 ГГц	$f/30$	—	—	6
3 ГГц – 30 ГГц	100	—	—	34 000/ $f^{1,079}$
30 ГГц – 300 ГГц	100	—	—	68/ $f^{0,476}$

Таблица 7 / Table 7

Гигиенические регламенты ЭМП в диапазоне частот 300 кГц – 100 ГГц [26]
EMF hygienic regulations in the frequency range 300 kHz – 100 GHz

Частота f , МГц	E, В/м	H, А/м	ППЭ, мВт/см ²	Время усреднения (мин)
Производственные воздействия				
0,3–3	614	1,63	100	6
3–30	1 842/ f	4,89/ f	900/ f^2	6
30–300	61,4	0,163	1	6
300–1 500	—	—	$f/300$	6
1 500–100 000	—	—	5	6
Внепроизводственные воздействия				
0,3–1,34	614	1,63	100	30
1,34–30	824/ f	2,19/ f	180/ f^2	30
30–300	27,5	0,073	0,2	30
300–1 500	—	—	$f/1 500$	30
1 500–100 000	—	—	1	30

Electromagnetic Fields at Work Regulations» [27]. При этом ПДУ ЭМП в диапазоне 100 кГц – 300 ГГц полностью соответствуют нормативам европейской Директивы 2013/35/ЕС [22]. ПДУ воздействия ЭМП на население представлены в рекомендациях Национального совета по радиологической защите (NRPB) [28] и полностью соответствуют гигиеническим нормативам в европейских Рекомендациях 1999/519/ЕС [21].

В ФРГ гигиенические регламенты воздействия ЭМП установлены Постановлением о применении Директивы 2013/35/ЕС и внесении поправок в правила охраны труда и техники безопасности [29] и Постановлением Федерального министра окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности 26. *BlmSchV* [30], содержащим требования по защите населения и окружающей среды от вредного воздействия электрических, магнитных и электромагнитных полей.

Во Франции нормативно-правовая база обеспечения электромагнитной безопасности включает Постановление № 2016-1074 [31], которое определяет правила безопасности и предотвращения рисков для здоровья работников, подвергающихся воздействию ЭМП в диапазоне 100 кГц – 300 ГГц, при этом ПДУ ЭМП соответствуют значениям, установленным Директивой 2013/35/EU [22], и Постановлением № 2002-775 [32], устанавливающее предельные уровни воздействия на население

ЭМП, излучаемых радиотехническими установками и оборудованием сетей телекоммуникаций, значения которых идентичны величинам, регламентированным рекомендациями Евросоюза — *Council Recommendation 1999/519/ЕС* [21].

В КНР основным нормативным документом, устанавливающим гигиенические регламенты производственных воздействий ЭМП РЧ, создаваемых системами беспроводной связи и коммуникаций, является стандарт *GB/Z 2.2-2007 «Occupational exposure limits for hazardous agents in the workplace. Part 2 Physical agents»* [33].

ПДУ производственных воздействий ЭМП в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц регламентируются в зависимости от времени воздействия и режима облучения.

В диапазоне частот 30–300 МГц ПДУ установлены по ППЭ и напряжённости ЭП для двух временных экспозиций (**табл. 8**).

В диапазоне ≥ 300 МГц в качестве нормируемого параметра введено понятие «суточная доза» (практически эквивалент нашей «энергетической экспозиции»), из которой рассчитываются ПДУ ППЭ сред для разной продолжительности облучения за рабочую смену при непрерывном и импульсном режиме воздействия (**табл. 9**).

Гигиенические нормативы уровней воздействия ЭМП на население регламентируются стандартом *GB 8702-2014 «Controlling limits for electromagnetic»* [34].

Таблица 8 / Table 8

ПДУ ЭМП в диапазоне частот 30 – 300 МГц на рабочих местах [33]
EMF MPL in the frequency range of 30 – 300 MHz in the workplace

Время экспозиции, ч	Непрерывный режим		Импульсный режим	
	ППЭ, мкВт/см ²	Е, В/м	ППЭ, мкВт/см ²	Е, В/м
8	50	14	25	10
4	100	19	50	14

Таблица 9 / Table 9

ПДУ ЭМП в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц на рабочих местах [33]
EMF MPL in the frequency range of 300 MHz – 300 GHz in the workplace

Режим воздействия	Суточная доза (мкВт·ч/см ²)	ППЭ _{сред} (мкВт/см ²)		ППЭ _{кратковрем.} (мкВт/см ²)
		8 ч	<8 ч	
непрерывный	400	50	400/ <i>t</i>	5 000
импульсный	200	25	200/ <i>t</i>	

Примечание: *t* – время воздействия, ч.
 Note: *t* is the exposure time, h.

ПДУ ЭМП для населения в диапазоне частот 0,1 МГц – 300 ГГц представлены среднеквадратическими значениями напряжённости ЭП, МП и/или ППЭ за любые 6-минутные периоды (**табл. 10**).

Для импульсных ЭМП предъявляется дополнительное требование: мгновенное пиковое значение ППЭ не должно превышать в 1000 раз, а мгновенное пиковое значение напряжённости поля не должно превышать в 32 раза ПДУ, указанных в **таблице 10**.

Обсуждение. Гигиенические нормативы ЭМП РЧ на рабочих местах. Гигиенические нормативы ЭМП РЧ на рабочих местах, представленные в рекомендациях международных организаций и зарубежных национальных документах, в целом близки по своим значениям и нормируемым параметрам, особенно в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц. Вместе с тем, для более низких частот имеют место некоторые различия. При сравнении международных рекомендаций установлено, что наиболее высокие уровни в диапазоне частот 0,03–30 МГц допускаются *IEEE Std C95.1-2019* [23], которые превышают значения, установленные *ICNIRP 2020* [20] и *Directive 2013/35/EC* [22] по напряжённости электрического поля в 2–3 раза, магнитного — в 3–10 раз в зависимости от частоты.

Что касается зарубежных национальных регламентов ЭМП на рабочих местах, то рекомендации *ACGIH 2020* [25] (США) практически соответствуют *IEEE Std C95.1-2019* [23], за исключением диапазона 0,3 – 300 ГГц, где допускаемое нормативное значение ППЭ в 2 раза выше. В Англии, ФРГ и Франции приняты постановления, которые

практически вводят в действие на территории этих стран международные регламенты (*ICNIRP 2020* [20] и *Directive 2013/35/EC* [22]).

Наиболее строгие нормативы из всех зарубежных представляются в *GB/Z 2.2-2007* [33] (КНР):

- в диапазоне частот 30–300 МГц по напряжённости электрического поля в 4–6 раз, а по напряжённости магнитного поля в 3 раза;
- в диапазоне свыше 300 МГц ПДУ ЭМП для 8-ми часового рабочего дня в 20–100 раз меньше, чем в других зарубежных странах (при этом для более короткого периода воздействия ПДУ ППЭ устанавливается исходя из «суточной дозы»). Вместе с тем, для 0,08 ч. воздействия величина ПДУ ЭМП соответствует международным рекомендациям.

В РФ гигиеническое нормирование ЭМП в диапазоне 0,03 МГц – 300 ГГц в отличие от зарубежных регламентов осуществляется по величине энергетической экспозиции — ЭЭЕ, ЭЭН, ЭЭППЭ.

При сравнении российских ПДУ ЭП, МП и ЭМП для разного времени облучения за смену, рассчитанных с учетом ЭЭ, с международными и зарубежными национальными регламентами можно отметить следующее:

- в диапазоне частот 0,03–3 МГц наиболее выраженные различия имеют место по электрической и магнитной составляющим для 8-часового рабочего дня, где у нас в 6–66 раз и в 10 раз, соответственно, более строгие нормативы, тогда как для кратковременного воздействия (0,2 ч) — эти значения довольно близки;

Таблица 10 / Table 10

ПДУ ЭМП в диапазоне частот 0,1 МГц – 300 ГГц для населения [34]
EMF MPL in the frequency range 0,1 MHz – 300 GHz for the population [34]

Частота, <i>f</i>	Е, В/м	Н, А/м	В, мкТл	ППЭ, Вт/м ²
0,1–3 МГц	40	0,1	0,12	4
3–30 МГц	$67/\sqrt{f}$	$0,17/\sqrt{f}$	$0,21/\sqrt{f}$	$12/f$
30–3 000 МГц	12	0,032	0,04	0,4
3 000–15 000 МГц	$0,22\sqrt{f}$	$0,00059\sqrt{f}$	$0,00074\sqrt{f}$	$f/7 500$
15–300 ГГц	27	0,073	0,092	2

Примечание: *f* — единицы соответствуют указанным в первом столбце.
 Note: *f* — units correspond to those indicated in the first column.

Таблица 11 / Table 11

Гигиенические регламенты ЭМП, создаваемых носимыми аппаратами сухопутной подвижной связи [19]
Hygienic regulations of EMF created by personal mobile communication [19]

Диапазон частот, МГц	СанПиН 1.2.3685-21		ICNIRP-2020			
	ППЭ, мкВт/см ²	Е, В/м	ППЭ, мкВт/см ²	SAR, Вт/кг	Е, В/м	Н, А/м
27–<30	—	45	—	—	28	0,073
30–<300	—	15	200	—	28	0,073
300–400	100	—	200	—	28	0,073
450	100	—	225	2	28	0,078
900	100	—	450	2	41	0,110
1 800	100	—	900	2	58	0,155
>2 000	100	—	1 000	2	61	0,160

- в диапазоне 3–30 МГц ПДУ электрического поля для 8-ми часового рабочего дня в 2–20 раз ниже, а для кратковременного воздействия с увеличением частоты до 5 раз выше зарубежных; по магнитной составляющей в этом диапазоне в РФ ПДУ отсутствуют;
- в диапазоне 30–300 МГц ПДУ электрического поля для 8-часового рабочего дня в 6 раз ниже зарубежных, а ПДУ магнитного поля, установленные в РФ только до частоты 50 МГц, в 2 раза выше; для кратковременного воздействия — ПДУ ЭП почти совпадают с зарубежными, а ПДУ МП — в 6–20 раз превышают;
- в диапазоне 0,3–300 ГГц ПДУ ППЭ для 8-часового рабочего дня в 40–200 раз ниже зарубежных, а для кратковременного воздействия в 2–5 раз.

Гигиенические нормативы ЭМП РЧ для населения.

Гигиенические нормативы ЭМП РЧ для населения, представленные в рекомендациях международных организаций и зарубежных национальных документах, так же, как и для производственных воздействий, в целом близки по своим значениям и нормируемым параметрам, особенно в диапазоне частот 30 МГц – 300 ГГц. В диапазоне частот 0,03–30 МГц наиболее высокие значения напряжённостей ЭП и МП допускаются рекомендациями *IEEE Std C95.1-2019* [23], *ICNIRP 2020* [20] и *FCC 1997* [26] (США).

ПДУ ЭМП, установленные в Китае для населения *GB 8702-2014* [34], в 2–5 раз строже, чем регламенты в других зарубежных странах.

В РФ ПДУ ЭМП РЧ, установленные для населения, являются наиболее жёсткими по сравнению с вышеприведёнными регламентами, особенно в диапазоне свыше 300 МГц (до 100 раз).

Вместе с тем, следует отметить, что за рубежом в отдельных странах наметилась тенденция к установлению более строгих гигиенических нормативов ЭМП РЧ в зависимости от времени и условий облучения населения. Так, в Италии [35] в местах длительного пребывания населения (более 4 ч) внутри жилых помещений и на территориях, социальных, медицинских и рекреационных объектов уровни ЭМП не должны превышать 6 В/м, 0,016 А/м и 0,1 Вт/м² (10 мкВт/см²) в диапазоне частот свыше 450 МГц и практически соответствуют отечественным ПДУ для населения.

Подобный принцип предосторожности в отношении возможных неблагоприятных эффектов при длительном воздействии ЭМП применяется в Швейцарии [36], где

вместе с предельными уровнями *ICNIRP* [20] для наиболее чувствительных групп населения регламентируются т. н. «предельные значения» напряжённости электрического поля, составляющие 4–6 В/м (4,2–9,6 мкВт/см²), которые должны соблюдаться в местах длительного регулярного нахождения граждан (жилые помещения, школы, детские сады и игровые площадки и т. п.).

Отдельного рассмотрения заслуживают гигиенические регламенты ЭМП РЧ, создаваемых абонентскими терминалами. Допустимые уровни ЭМП, создаваемые подвижными станциями сухопутной радиосвязи у головы пользователя, представлены в СанПиН 1.2.3685-21 (п. 125) [19] (*табл. 11*). Они практически не изменились по сравнению с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» [37].

В отличие от принятых в России критериев оценки ЭМП, создаваемых мобильными телефонами, за рубежом в качестве основного показателя при их оценке используется специальный параметр — *SAR* (*specific absorption rate*) — удельная поглощённая мощность (УПМ), величина которой указывается в документации, прилагаемой к телефону. При этом предельно допустимая величина *SAR* для головы человека составляет 2 Вт/кг, что практически соответствует рекомендациям *ICNIRP 2020* для населения [20].

Сравнение отечественных и международных регламентов ЭМП, создаваемых носимыми аппаратами сухопутной подвижной связи, показывает, что последние допускают в диапазоне частот свыше 300 МГц в 2,5–9 раз (по ППЭ), а в диапазоне 30–300 МГц – в 2 раза (по Е) более высокие значения, тогда как в диапазоне 27–<30 МГц отечественные ПДУ являются в 1,6 раза (по Е) более мягкими [38–40].

Заключение. Проведённый критический анализ зарубежных и отечественных гигиенических регламентов ЭМП РЧ, создаваемых современными системами беспроводной связи и коммуникаций, показал существенные различия в величинах нормируемых параметров.

В настоящее время Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) предложила начать процесс гармонизации существующих в разных странах гигиенических стандартов ЭМП, однако при этом предполагается провести её на основе международных регламентов. По нашему мнению, имеющиеся серьёзные различия в методологии гигиенического нормирования ЭМП РЧ в РФ и за рубежом делают этот процесс чрезвычайно сложным и свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших научных исследований в этой

области, особенно учитывая, что ЭМП, создаваемые современными системами беспроводной связи и коммуникаций, по своим многочастотным характеристикам, режимам модуляции, интенсивностно-временным параметрам, характеру

и режимам воздействия на работников и население, существенно отличаются от ЭМП, для которых были установлены ныне действующие гигиенические регламенты, что свидетельствует о необходимости их совершенствования.

Список литературы (пп. 2–8, 12, 20–36, 40 см. References)

- Садчикова М.Н., Глотова К.В. Клиника, патогенез, лечение и исходы радиоволновой болезни. В кн.: Гордон З.В. ред. *О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот (Труды лаборатории электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР). Выпуск 4.* М.: НИИЭИР; 1973: 43–8.
- Рубцова Н.Б., Походзей Л.В. Эффекты воздействия электромагнитных полей и излучений. В кн.: Крутиков В.Н. и др. ред. *Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. Медико-биологические аспекты.* Т.1. М.: ИПК Изд-во стандартов; 2004: 104–128.
- Тихонова Г.И., Рубцова Н.Б., Походзей Л.В., Курьеров Н.Н., Пальцев Ю.П., Самусенко Т.Г., Лазаренко Н.В. Оценка профессионального риска от воздействия электромагнитных излучений. *Медицина труда и промышленная экология.* 2004; (5): 30–4.
- Евстафьев В.Н., Скиба А.В., Гоженко С.А. Современное состояние мобильной транкинговой связи на транспорте и перспективы её развития. *Актуальные проблемы транспортной медицины.* 2014; 3: 32–41.
- Радиорелейная связь. <https://clck.ru/VjwmZ> (Дата обращения 25.04.2023).
- Симонина О.А. Оценка тенденций использования новых и текущих диапазонов частот современных спутниковых систем связи. *СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК.* 2021; 1(76): 252–5. <https://clck.ru/34PsVj> (Дата обращения 26.04.2023).
- Степанова И.В. Вопросы построения и проектирования систем беспроводного широкополосного доступа технологий Wi-Fi и Mesh. *Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт.* 2016; 10(2): 25–33. <https://clck.ru/34PsCQ>
- Первый международный стандарт в области промышленного интернета вещей утверждён на основе российских разработок. <https://clck.ru/34PsDW> (Дата обращения 25.04.2023).
- Федеральный закон № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г. <https://clck.ru/34PsED> (Дата обращения 25.04.2023).
- Постановление Правительства РФ от 24 июля 2000 г. № 554. «Об утверждении Положения о государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании». <https://base.garant.ru/12120314/> (Дата обращения 25.04.2023).
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением № 2 главного государственного санитарного врача РФ от 29.01.2021 г.) М.: Центрмг; 2021. clck.ru/346MZK (Дата обращения 27.04.2023).
- СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2003.
- 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; 92(3): 39–42.
- Перов С.Ю., Рубцова Н.Б., Белая О.В. Актуальные проблемы электромагнитной безопасности производственной и окружающей среды при развитии систем мобильной связи. В кн.: *Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны. Мат. XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Гос. сан.-эпид. службы России.* Мытищи; 2022: 154–7.

References

- Sadchikova M.N., Glotova K.V. Clinic, pathogenesis, treatment and outcomes of radio wave disease. In: Gordon Z.V. ed. *On the biological effect of electromagnetic fields of radio frequencies (Proceedings of the Laboratory of Electromagnetic Fields of Radio Frequencies of the Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences). Issue 4.* Moscow: NIIÉIR; 1973: 43–8 (in Russian).
- Giuliani L., Soffritti M., ed. Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. *Eur. J. Oncol. – Library.* 2010; 5: 1–419. <https://clck.ru/34Ps2z>
- Taheri M., Roshanaei G., Ghaffari J., Rahimnejad S., Khosroshahi B.N., Aliabadi M., Eftekharian M.M. The effect of base transceiver station waves on some immunological and hematological factors in exposed persons. *Humanized antibody.* 2017; 25(1–2): 31–7. <https://doi.org/10.3233/HAB-160303>
- Rodrigues N.C.P., Dode A.C., de Noronha Andrade M.K., O'Dwyer G., Monteiro D.L.M., Reis L.N.C., Rodrigues R.P., Frossard V.C., Lino V.T.S. The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021; 18(3): 1229. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031229>
- Wilke I. Biological and pathological effects of 2.45 GHz radiation on cells, fertility, brain, and behavior. *Umwelt, Medizin, Gesellschaft.* 2018; 31: 1–32. <https://clck.ru/34Ps7z>
- Pall M.L. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research.* 2018; 164: 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.035>
- Gonzalez-Rubio J., Arribas E., Ramirez-Vazquez R., Najera A. Radiofrequency electromagnetic fields and some cancers of unknown etiology: an ecological study. *Sci. Total Environ.* 2017; 599: 834–843. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.018>
- Ziliang Ye, Yanjun Zhang, Yuanyuan Zhang, Sisi Yang, Mengyi Liu, Qimeng Wu et al. Mobile phone calls, genetic susceptibility, and new-onset hypertension: results from 212 046 UK Biobank participants. *European Heart Journal – Digital Health.* 2023; 1–10. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztd024>
- Rubtsova N.B., Pokhodzey L.V. Effects of exposure to electromagnetic fields and radiation. In: Krutikov V.N. et al. ed. *The impact on the human body of dangerous and harmful occupational factors. Medico-biological aspects.* Т.1. М.: ИПК Publishing house of standards; 2004: 104–128 (in Russian).
- Tikhonova G.I., Rubtsova N.B., Pokhodzey L.V., Kurierov N.N., Paltsev Yu.P., Samusenko T.G. et al. Occupational risk assessment from exposure to electromagnetic radiation. *Med. truda i prom. ekol.* 2004; (5): 30–4 (in Russian).
- Evstafiev V.N., Skiba A.V., Gozhenko S.A. The current state of mobile trunking communication in transport and the prospects for its development. *Aktual'nyye problemy transportnoy meditsiny.* 2014; 3: 32–41 (in Russian).

12. ETSI TS 138 104 V17.7.0 (2022-10) 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 17.7.0 Release 17). <https://clck.ru/34PsA4> (Accessed 25.04.2023).
13. Radio relay communication. <https://clck.ru/34PsBj> (Accessed 04.25.2023) (in Russian).
14. Simonina O.A. Assessment of trends in the use of new and current frequency ranges of modern satellite communication systems. *SPbNTORES: trudy yezhegodnoy NTK*. 2021; 1(76): 252–5. <https://clck.ru/34PsBj> (Accessed 26.04.2023) (in Russian).
15. Stepanova I.V. Issues of construction and design of wireless broadband access systems of WiFi and Mesh technologies. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport (T-Comm: Telecommunications and transport)*. 2016; 10(2): 25–33. <https://clck.ru/34PsCQ> (in Russian).
16. The first international standard in the field of the industrial Internet of things is approved on the basis of Russian developments. <https://clck.ru/34PsDW> (Accessed 25.04.2023) (in Russian).
17. Federal Law No. 52-FZ of March 30, 1999. <https://clck.ru/34PsED> (Accessed 25.04.2023) (in Russian).
18. Decree of the Government of the Russian Federation of July 24, 2000 No. 554. "On Approval of the Regulations on the State Sanitary and Epidemiological Service of the Russian Federation and the Regulations on State Sanitary and Epidemiological Rationing". <https://base.garant.ru/12120314/> (Accessed 25.04.2023) (in Russian).
19. SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and(or) harmlessness of environmental factors for humans" (approved by Decree No. 2 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 01.29.2021). M.: TsentrMag, 2021: 736. <https://clck.ru/346MZK> (Accessed 27.04.2023) (in Russian).
20. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 2020; 118(5): 483–524. <https://clck.ru/34PtH6> (Accessed 27.04.2023).
21. COUNCIL RECOMMENDATION 1999/519/EC on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). *Official Journal of the European Union*. 1999; L199: 0059–0070.
22. DIRECTIVE 2013/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC. *Official Journal of the European Union*. 2013; L179/1-179/21. <https://clck.ru/34Psi6> (Accessed 27.04.2023).
23. IEEE Std C95.1TM-2019 (IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz). <https://clck.ru/34Psik>
24. Nonionizing Radiation, 29CFR1910, Section 97, OSHA, Washington, DC, USA, 2013. <https://clck.ru/34PsjY97> (Accessed 27.04.2023).
25. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH); 2020.
26. FCC Code of Federal Regulations CFR title 47, part 1.1310. Radiofrequency radiation exposure limits. Federal Communications Commission (FCC), August 1997. <https://clck.ru/34Psjs> (Accessed 25.04.2023).
27. The Control of Electromagnetic Fields at Work Regulations. No. 588, 2016. <https://clck.ru/34PskZ> (Accessed 25.04.2023).
28. Advice on Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (0–300 GHz). Documents of the NRPB. 2004; 1.15(2): 39. <https://clck.ru/34Psn6> (Accessed 27.04.2023).
29. Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2013/35/EU und zur Änderung der Arbeitsschutzverordnungen Publication date: 18 November 2016. <https://clck.ru/34PsnY> (Accessed 25.04.2023).
30. Ordinance Implementing the Federal Immission Control Act (EMF Ordinance — 26th BImSchV). (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes — Verordnung über elektromagnetische Felder — 26. BImSchV). <https://clck.ru/34PsoS> (Accessed 25.04.2023).
31. Décret n 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques. *Journal officiel électronique authentifié n° 0182 du 06/08/2016*. <https://clck.ru/34Psor> (Accessed 25.04.2023).
32. Décret n 2002-775 pris en application du 12^e de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques. <https://clck.ru/34PspU> (Accessed 25.04.2023).
33. GBZ 2.2-2007 Occupational exposure limits for hazardous agents in the workplace. Part 2: Physical agents. <https://clck.ru/34PsqD> (Accessed 25.04.2023).
34. GB 8702-2014 Controlling limits for electromagnetic environment. National standard 8702-2014 of People's Republic of China. <https://clck.ru/34Psqn> (Accessed 25.04.2023).
35. Decreto Ministeriale n. 381 del 10/09/1998 – Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana. <https://clck.ru/34PsrH> (Accessed 25.04.2023).
36. Ordinance relating to Protection from Non-Ionising Radiation (ONIR) (document No. 814.710), December 1999. <https://clck.ru/34Psrc> (Дата обращения 25.04.2023).
37. SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190-03 Hygienic requirements for the placement and operation of land mobile radio communications: Sanitary and epidemiological rules and regulations. M.: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2003 (in Russian).
38. Paltsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Bogacheva E.V. Problems of harmonization of hygienic regulations for electromagnetic fields of mobile radio communications. *Gigiyena i sanitariya*. 2013; 92(3): 39–42 (in Russian).
39. Perov S.Yu., Rubtsova N.B., Belaya O.V. Actual problems of electromagnetic safety of production and the environment in the development of mobile communication systems. In the book: *Razvivaya vekovyye traditsii, obespechivaya «Sanitarnyye shchit» strany*. Mytishchi; 2022: 154–7 (in Russian).
40. Rubtsova N.B., Perov S., Belaya O. The development of mobile communication system and human health risks. *Safety and Health at Work*. 2022; 13(S): S246. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.12.1520>