

© Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Дубровская Е.Н., 2020
УДК 613.648.2

Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона

О.А. Григорьев¹, В.Н. Никитина², В.Н. Носов³, А.В. Пекин³,
В.А. Алексеева¹, Е.Н. Дубровская²

¹АНО «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий», ул. Яузская, д. 1/15, стр. 1, г. Москва, 109028, Российская Федерация

²ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ул. 2-ая Советская, д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

³ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем», наб. Обводного канала, д. 29, г. Санкт-Петербург, 191167, Российская Федерация

Резюме: Введение. Сегодня серьезную обеспокоенность населения и международного научного сообщества вызывает все возрастающее воздействие на население электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона (РЧ). Источниками ЭМП на селитебных территориях, являются базовые станции мобильной радиосвязи, ретрансляторы сигналов, точки беспроводного широкополосного доступа, передатчики теле- и радиовещания, земных станций спутниковой связи, радиолокационные и радиорелейные станции. Введение мобильной сети 5G еще более осложнит электромагнитную обстановку в зонах пребывания людей, прежде всего в условиях мегаполисов, где воздействию данного фактора подвергаются наиболее многочисленные контингенты населения. В системе мероприятий по решению задач защиты населения от неблагоприятного воздействия электромагнитных полей значительная роль принадлежит нормативам (регламентам и другим документам, устанавливающим допустимые уровни ЭМП). Регламенты электромагнитных полей лежат в основе организационных и технических мероприятий по защите от неблагоприятного воздействия фактора. Высокая значимость нормативов в обеспечении электромагнитной безопасности и послужила основанием для проведения настоящего исследования. Цель исследования – выполнить сравнительный анализ нормативов электромагнитных полей радиочастотного диапазона, установленных для населения, подходов к установлению регламентов ЭМП, принятых разными странами и международными организациями. Методы. Рассмотрение некоторых аспектов биологического действия ЭМП РЧ; изучение нормативных актов, устанавливающих ограничения воздействия ЭМП, принятых в разных странах и рекомендуемых ICNIRP; рассмотрение подходов к установлению ограничений воздействия ЭМП. Выводы. Выявлено существенное расхождение в значениях предельных уровней ЭМП радиочастот, принятых в разных странах, юридическом статусе нормативных документов и области их регулирования. Различия в методологии разработки, принятии и утверждении нормативов ЭМП, а также в их правовом статусе не позволяют принять согласованные нормативы ЭМП.

Ключевые слова: здоровье, окружающая среда, электромагнитное поле, радиочастотный диапазон, телекоммуникации, риск, предельно допустимый уровень, государственная политика.

Для цитирования: Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Дубровская Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33>

Electromagnetic Radiation Safety: Russian National and International Regulatory Frameworks for Radiofrequency Electromagnetic Fields

O.A. Grigoriev¹, V.N. Nikitina², V.N. Nosov³, A.V. Pekin³, V.A. Alekseeva¹, E.N. Dubrovskaya²

¹National Research Centre for Safety of New Technology, 1/15 Yauzskaya Street, Moscow, 109028, Russian Federation

²North-West Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

³State Research Institute of Applied Problems, 29 Obvodny Canal Embankment, Saint Petersburg, 191167, Russian Federation

Summary. Introduction: Today, the growing human exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF EMF) is of serious concern to the population and the international scientific community. Sources of RF EMF in residential areas include mobile radio base stations, signal repeaters, wireless broadband access points, TV and radio transmitters, satellite earth stations, radar and radio relay stations. Launching of 5G mobile networks will further complicate the electromagnetic situation in inhabited areas, especially in megacities where the size of exposed population is the largest. In the system of measures contributing to protection of the population from adverse health effects of electromagnetic fields, standards (regulations and other documents establishing EMF permissible levels) play a significant role and lay the foundation for organizational and technical measures of protection. High importance of standards in ensuring electromagnetic safety served as the basis for our study. The objective of the study was to perform a comparative analysis of RF EMF standards for inhabited areas and approaches to setting EMF exposure levels adopted by different countries and international organizations. Methods: We reviewed of some aspects of biological effects of RF EMF, regulations setting EMF exposure limits in different countries and recommended by ICNIRP, and approaches to establishing those limits. Conclusions: We found a significant discrepancy in RF EMF limits adopted in different countries, the legal status and scope of regulatory documents. Differences in the methodology for the development, adoption and approval of EMF standard accompanied by differences in their legal status prevent uniform EMF standard setting.

Keywords: health, environment, electromagnetic field, radio frequency range, telecommunications, risk, maximum permissible level, public policy.

For citation: Grigoriev OA, Nikitina VN, Nosov VN, Pekin AV, Alekseeva VA, Dubrovskaya EN. Electromagnetic radiation safety: Russian national and international regulatory frameworks for radiofrequency electromagnetic fields. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (10(331)):28–33. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33>
Author information: Nikitina V.N., <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>; Grigoriev O.A., <https://orcid.org/0000-0003-3712-2637>; Alekseeva V.A., <https://orcid.org/0000-0002-0708-8258>; Dubrovskaya E.N., <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>.

Введение. Нарастание проблем с обеспечением электромагнитной безопасности населения на современном этапе научно-технического

прогресса связано с развитием современных радиотехнологий¹. Мир стоит на пороге масштабного внедрения пятого поколения мобильной

¹ Никитина В.Н. Тенденции развития современных радиотехнологий. Проблемы обеспечения электромагнитной безопасности населения. Сборник докладов Всероссийской конференции «Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений». Москва, 12–13 ноября 2019 г. С. 66–69.

связи (5G). Сегодня человек подвергается одновременно и последовательному воздействию электромагнитных полей различных частотных диапазонов, интенсивности, модуляции сигналов. Идет процесс усложнения электромагнитной обстановки в зонах пребывания людей и, прежде всего, в условиях мегаполисов, где воздействию этого фактора подвергаются наиболее многочисленные контингенты населения. Особое место в решении задач по защите населения от неблагоприятного воздействия ЭМП играют нормативы (регламенты и другие документы, устанавливающие допустимые уровни ЭМП). Регламенты электромагнитных полей лежат в основе организационных и технических мероприятий по защите от неблагоприятного воздействия фактора. Нельзя также не отметить их значение в профилактике радиофобии. Высокая значимость нормативов в обеспечении электромагнитной безопасности и послужила основанием для проведения настоящего исследования.

Цель исследования — выполнить сравнительный анализ нормативов электромагнитных полей радиочастотного диапазона, установленных для населения, и подходов к установлению регламентов ЭМП, принятых разными странами и международными организациями.

Материалы и методы. Программа исследования включала следующие этапы:

- рассмотрение некоторых аспектов биологического действия ЭМП РЧ;
- изучение принятых в различных странах нормативных актов, устанавливающих ограничения воздействия ЭМП;
- анализ нормативов электромагнитных полей, рекомендуемых международными организациями;
- анализ подходов к установлению ограничений воздействия ЭМП;
- оценка перспектив принятия согласованных нормативов электромагнитных полей.

Результаты и обсуждение. В настоящее время в проблеме электромагнитных излучений наи-

более обсуждаемым международным научным сообществом является вопрос медико-биологических последствий воздействия ЭМП нетепловой интенсивности. Большой объем клинико-гигиенических и экспериментальных исследований, посвященных хроническому облучению ЭМП малой интенсивности, был выполнен в Советском Союзе. Был сделан вывод, что при хроническом облучении выражены реакции центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, иммунитета. Были получены данные о кумуляции биоэффекта при хроническом облучении, что подтверждалось клиническими исследованиями. Первые обязательные нормы для населения в СССР были приняты в 1968 году (0,2 В/м для диапазона 3–30 МГц); для диапазона 300 МГц — 300 ГГц в 1970 году был установлен лимит, равный 1 мкВт/см² [1]. Исследования, проводившиеся в России и СССР в плановом государственном порядке, позволили сформулировать общие представления о медико-биологических эффектах ЭМП РЧ и разработать методологические подходы к научному обоснованию предельно допустимых уровней ЭМП. К настоящему времени в большинстве стран накоплены значительные массивы данных о медико-биологических эффектах ЭМП «нетепловой» интенсивности. Так опубликованы данные о том, что воздействие низкоинтенсивных ЭМП РЧ приводит к нарушениям нервной и психической деятельности [2–4], снижению репродуктивной функции [5], изменениям сердечного ритма и нестабильности артериального давления [6, 7], вызывает изменения в функционировании иммунной системы² [8]. Обобщение данных ранее выполненных исследований позволяет сделать прогноз медико-биологических эффектов для диапазона 300 МГц — 30 ГГц при хроническом облучении взрослого организма ЭМП сформированной волны при отсутствии других факторов воздействия или измененного состояния организма³ [1, 9]. Прогнозируемые последствия облучения представлены в табл. 1.

Таблица 1. Прогнозируемые медико-биологические последствия облучения ЭМП для диапазона интенсивностей от 10 мкВт/см² до 10 мВт/см²

Table 1. Predicted biomedical effects of EMF in the intensity range of 10 μ W/cm² to 10 mW/cm²

Интенсивность / Intensity	Классификация / Classification	Характеристика медико-биологических последствий облучения / Characteristics of biomedical consequences of radiation exposure
Выше 10 мВт/см ² тепловая интенсивность (общий нагрев) / > 10 mW/cm ² , thermal intensity (general heating)	Уровни экстремально-го облучения / Extreme exposure levels	Гарантированный вред здоровью различной степени / Varying degrees of health damage
1–10 мВт/см ² тепловая интенсивность (локальный нагрев) / 1 – 10 mW/cm ² , thermal intensity (local heating)	Компенсаторный уровень / Compensatory level	Реакции нервной, сердечно-сосудистой, иммунной систем, в диапазоне от патологии до стойких функциональных изменений, развитие кумулятивных эффектов / Reactions of the nervous, cardiovascular, and immune systems in the range from disorders to persistent functional changes, development of cumulative effects
100 мкВт/см ² –1 мВт/см ² не тепловая интенсивность / 100 μ W/cm ² –1 mW/cm ² , non-thermal intensity	Уровень активной адаптации / Active adaptation level	Реакции систем организма (нервной, сердечно-сосудистой, иммунной систем) во время облучения и в период последействия / Reactions of the human nervous, cardiovascular, and immune systems during and after the exposure
10–100 мкВт/см ² не тепловая интенсивность / 10–100 μ W/cm ² , non-thermal intensity	Уровень слабой адаптации / Weak adaptation level	Возникновение функциональных сдвигов, не выходящих за пределы физиологической нормы, во время облучения и в период последействия / Functional shifts within the limits of the physiological norm during and after the exposure
ниже 10 мкВт/см ² / < 10 μ W/cm ²	Подпороговая зона / Subthreshold level	Отсутствуют реакции со стороны систем организма (в наблюдаемый период) / No reactions from the body systems (during the period of observation)

² Иванов А.А., Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Мальцев В.Н. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента): Сообщение 3. Влияние ЭМП РЧ нетепловой интенсивности на уровень комплементфиксирующих противотканевых антител. Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 1.

³ Акоева И.Г., Тяжелова В.В., ред. Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии. Сборник научных трудов: Пушино. 1983. 150 с.

Данные радиобиологических исследований, в которых использовали сложные режимы облучения, позволяют предположить, что сверхвысокочастотные (СВЧ) ЭМП со средними значениями плотности потока электромагнитной энергии (ППЭ) ≤ 500 мкВт/см² могут рассматриваться как раздражитель центральной нервной системы. Поэтому справедливо применять законы физиологии о биологической силе, адаптационном ответе и путях усиления биологической значимости слабого раздражителя [10–13].

Из этого следует, что:

— однократное одночастотное кратковременное (≤ 30 мин) воздействие в условиях нормального функционирования биообъекта и отсутствия сопутствующих раздражителей является слабым (подпороговым) по своей биологической значимости;

— усложнение режима облучения путем увеличения числа меняющихся параметров (например, пачечно-импульсная модуляция, интерметирующий характер изменения ППЭ или экспозиции, облучение в ритме биологических частот) при сохранении ППЭ в импульсе ≤ 500 мкВт/см² и экспозиции ≤ 30 мин способно повысить его биологическую значимость до раздражителя средней силы;

— увеличение числа кратковременных воздействий ЭМП в зависимости от их количества и характера облучения также может повысить биологическую значимость ЭМП РЧ до раздражителя средней силы и сильного, вызывающего обратимые дезадаптационные изменения с невротическими проявлениями пограничного характера;

— необратимая дезадаптация и развитие острых патологических (в частности, судорожных) проявлений возможны при условии

неполноценного функционирования организма (в частности, состояния стресса, болезни) и повторения кратковременных облучений с учетом особенностей, необходимых для их кумуляции⁴ [10, 13].

Дополнительно необходимо отметить, что шкала медико-биологических эффектов будет смещена в направлении более выраженных последствий для здоровья в условиях сочетанного воздействия электромагнитного облучения с другими неблагоприятными факторами. Несмотря на большое количество опубликованных исследований медико-биологических эффектов электромагнетизма, есть только два принципиальных подхода в определении порогового уровня ЭМП с целью защиты здоровья.

Стандарты США основаны на использовании теплового баланса как критерия нормирования ЭМП. Философия такого подхода довольно подробно изложена в работах Швана, Майкельсона, Телла⁵ [14–16], а также в отчете US National Council on Radiation Protection and Measurements (“NCRP-86”) [17]. Согласно этим публикациям, основным эффектом ЭМП радиочастот является повышение температуры облучаемого объекта, а понимание биофизических механизмов исключает возможность взаимодействия СВЧ-энергии с нервными клетками. Базовый принцип заключается в том, что, исходя из характеристик теплового баланса человека, возможно неограниченное облучение с плотностью потока энергии 10 мВт/см². Методология обоснования нормативов в России (СССР) основана на учете прежде всего патофизиологических сдвигов в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой и иммунной системах, а также клинко-гигиенических наблюдений на производстве. В табл. 2 представлены

Таблица 2. Ограничения электромагнитного поля радиочастот, установленные для населения

Table 2. Restrictions of radiofrequency electromagnetic fields set for the population

Страна / Country	Орган государственного управления / Regulatory body	Нормативы плотности потока мощности (S), Вт/м ² / Power density standards (S), W/m ²
Китай / China	Министерство охраны окружающей среды. Национальный стандарт электромагнитной среды / Ministry of Ecology and Environment. National standard of electromagnetic environment	0,4 (30–3000 МГц / MHz); f/7500 (3–15 ГГц / GHz); 2 (15–300 ГГц / GHz)
Индия / India	Правительство Индии / Government of India	f/2000 (400–2000 МГц / MHz) 1 (2–300 ГГц / GHz) (Для хронического воздействия / For chronic exposure)
Израиль / Israel	Парламент Министерство охраны окружающей среды / Parliament Ministry of Environmental Protection	f/2000 (400–2000 МГц / MHz) 1 (2–300 ГГц / GHz)
Италия / Italy	Правительство. Указ Премьер-министра / Government. Decree of the Prime Minister	0,1 (3 МГц/MHz – 300 ГГц / GHz)
Франция / France	Правительство. Указ Премьер-министра / Government. Decree of the Prime Minister	f/200 (400–2000 МГц / MHz) 10 (2–300 ГГц / GHz)
Болгария / Bulgaria	Правительство. Постановление министерства здравоохранения / Government. Resolution of the Ministry of Health	0,1 (300 МГц/MHz – 30 ГГц / GHz)
Российская Федерация / Russian Federation	Министерство здравоохранения / Ministry of Health	0,1 (300 МГц/MHz – 300 ГГц / GHz)
Соединенные Штаты Америки / USA	Федеральная комиссия связи (FCC), Свод федеральных нормативных актов / Federal Communications Commission, a Federal Regulatory Framework	f/150 (300–1500 МГц / MHz) 10 (1,5–100 ГГц / GHz)
Канада / Canada	Дирекция по здоровой окружающей среде и безопасности потребителей / Safe Environments Directorate in the Healthy Environments and Consumer Safety Branch of Health Canada	0,02619 f ^{0,6834} (300–6000 МГц / MHz) 10 (6000–150000 МГц / MHz)

⁴ Судаков К.В. Действие модулированного электромагнитного поля на эмоциональные реакции. В материалах международного совещания: «ЭМП биологического действия и гигиенического нормирования». Москва, 18–22 мая, 1998. С. 153–158.

⁵ Schwan H.P. Classical theory of microwave interaction with biological systems. In: Taylor L.S. & Cheung Y., ed. Proceedings of a Workshop on the Physical Basis of Electromagnetic Interactions with Biological Systems., held at the University of Maryland, College Park, MD, 15–17 June, Rockville, US Dept of Health, Education, and Welfare, 400 pp. (US DHEW document No. HEW-FDA 78-8055).

ограничения ЭМП РЧ для населения, принятые в некоторых странах. Для анализа принимались во внимание только документы, установленные органами государственного управления.

Страны, вводящие обязательные ограничения для ЭМП РЧ, делают это различными юридическими способами, что определяется национальной системой законодательства: законами (Российская Федерация, Италия, Израиль), распоряжениями правительства (Китай, Индия, Франция, Болгария, США, Канада). Нормативный документ может относиться к отрасли телекоммуникаций, окружающей среде, здравоохранению. В стандартах мобильной связи 2–4 поколений широко используется частота 1800 МГц. Для примера в табл. 3 представлены нормативы, установленные в некоторых странах.

Отличия в абсолютных значениях нормативов ЭМП наглядно демонстрируют различия в подходах к регламентированию фактора. Три страны имели национальные программы исследований медико-биологических эффектов электромагнитного поля, послуживших основой для разработки нормативов, – США, Китай и Россия (СССР). Эти страны использовали различный подход к определению предельных норм ЭМП, отнеся их к разным отраслям регуляции: США – телекоммуникации, Китай – окружающая среда (до 2015 – здравоохранение), Россия – здравоохранение. США и Россия устанавливают предельные уровни, которые контролируются по-разному: Россия – обязательный государственный контроль, США – добровольная декларация соблюдения требований и судебное решение в случае выявленного нарушения/ущерба. Стандарт Китая устанавливает предельный уровень, который контролируется государственным агентством окружающей среды, но при этом владельцам оборудования рекомендуется следовать принципу предосторожности и принимать эффективные меры для уменьшения воздействия ЭМП на людей.

Регламенты ЭМП устанавливаются международными организациями. Европейский союз является крупнейшим межгосударственным союзом. Он относит защиту от ЭМП к области здравоохранения. Рекомендации Совета Европы 1999/519/ЕС не имеют обязательного статуса [18]. Научный комитет Европейской комиссии рекомендовал разработать более жесткие принципы защиты населения, учитывающие новые научные данные и неопределенность рисков вреда новых технологий⁶ [19]. Регулирование ЭМП во Франции отличается от других мировых практик. Рекомендации ЕС приняты в этой стране в качестве максимальных уровней декретом правительства в 2002 году. В 2015 году принят национальный закон об ограничении электромагнитной экспозиции, который не устанавливает предельных уровней, но содержит прямое требование обеспечить минимизацию облучения населения⁷. Одновременно введены региональные ограничения ЭМП радиочастот в Париже – гораздо более жесткие^{8,9}. Законодательно введены запреты на размещение источников ЭМП РЧ, в частности внутри и вблизи детских образовательных учреждений¹⁰.

В США государственным регулятором экспозиции электромагнитного поля является Федеральная комиссия связи (FCC) согласно Национальному Акту об окружающей среде (1969)¹¹. Пределы максимально допустимой экспозиции (MPE) установлены на основании отчета Национального совета по радиационной защите и измерениям (“NCRP-86”), опубликованного в 1986 году. Стандарты IEEE/ICES и ANSI являются добровольными и юридически не имеют обязательного значения [20]. Председатель FCC Аджит Пай (Ajit Pai) подтвердил 8 августа 2019 года, что политика FCC в области установления лимитов ЭМП не будет изменяться для 5G и в будущем будет также основана на NCRP-86¹². Канада имеет национальную политику, частично соответствующую

Таблица 3. Нормативы ЭМП мобильной связи 1800 МГц, установленные в разных странах
Table 3. 1800-MHz cell phone RF EMF power density standards in different countries

№ п/п / No.	Страна / Country	Норматив ЭМП (мкВт/см ²) / RF EMF standard (μW/cm ²)
1	Швейцария / Switzerland	6,5
2	Китай / China	40,0
3	Турция / Turkey	56,0
4	Индия / India	90,0
5	Израиль / Israel	90,0

⁶ Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). European Commission. 9th plenary meeting on 27 January 2015.

⁷ LOI n 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques, 2015

⁸ Approbation de la stratégie parisienne de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques – adoption d'une nouvelle Charte relative à la téléphonie mobile et création du Comité d'orientation de l'Observatoire municipal des ondes. La Maire de Paris. 2017 DEVE 55.

⁹ Comité d'orientation de l'Observatoire municipal des Ondes chargé d'améliorer la surveillance et les connaissances en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques à Paris, 2015.

¹⁰ Article L.5231-4 du code de la santé publique: Possibilité d'interdire certains équipements radioélectriques spécifiquement destinés aux enfants de moins de six ans.

¹¹ Code of Federal Regulations. Title 47 – Telecommunication. CHAPTER I - FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. SUBCHAPTER A - GENERAL. PART 1 - PRACTICE AND PROCEDURE. - Grants by Random Selection. Subpart I – Procedures Implementing the National Environmental Policy Act of 1969. § 1.1310 Radiofrequency radiation exposure limits. Original Date: 2018-10-01.

¹² FCC Chairman Pai proposes to maintain current radiofrequency exposure safety standards, WASHINGTON, August 8, 2019.

ФСС: так в диапазоне до 6 ГГц контролируемые уровни ЭМП для населения ниже, чем в США, а начиная с диапазона 6 ГГц они совпадают¹³. Пределы ФСС используют также Япония, Австралия, Бразилия^{14,15}.

Рекомендуемые регламенты электромагнитных полей для профессионального облучения и воздействия на населения представлены в руководстве «Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP). Согласно руководству, установление пределов воздействия ЭМП осуществлялось на основании данных, опубликованных в рецензируемых журналах, а также результатов численных и экспериментальной дозиметрии ЭМП с использованием критерия поглощения энергии. При обосновании ограничений основное внимание уделяется только тепловым эффектам радиочастотного излучения. При таком подходе к установлению регламентов ЭМП не учитывается особенность взаимодействия ЭМП с живым биологическим объектом, не принимаются во внимание кумулятивные эффекты ЭМП, особенности реакций организма на воздействие модулированных электромагнитных полей. Рекомендуемые регламенты ЭМП направлены на защиту от острых поражений при кратковременном воздействии ЭМП^{16,17}. В России предельно допустимые уровни ЭМП устанавливались на основе комплексных гигиенических, клинических, физиологических и экспериментальных исследований с изучением реакций наиболее чувствительных к воздействию ЭМП органов и систем организма.

Заключение. Анализ национальных и международных нормативов электромагнитных полей радиочастотного диапазона показал, что существуют серьезные расхождения в значениях предельных уровней ЭМП РЧ, принятых в разных странах, и разнообразие вариантов установления нормативов. Выявлено отличие юридических статусов нормативных документов и отраслей регулирования (относятся к здравоохранению, окружающей среде и телекоммуникациям) в разных странах мира. Исследование показало, что при нормировании фактора страны используют результаты собственных исследований, нормы других стран, ограничения воздействия ЭМП, рекомендуемые ICNIRP. Различия в методологии разработки, принятии и утверждении нормативов ЭМП и правовом статусе регламентов не позволяют принять согласованные нормативы ЭМП.

В настоящее время ставятся задачи уточнения гигиенических нормативов радиочастотных излучений в связи с внедрением 5G. В исследованиях необходимо учитывать новые диапазоны частот и характеристики сигналов, режимы и сценарии работы базовых станций и

абонентских терминалов, одновременное воздействие ЭМП 5G и стандартов предыдущих поколений. Актуальной является задача оценки потенциального риска здоровью населения от электромагнитных излучений в связи с внедрением пятого поколения мобильной связи [21].

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследований — О.А. Григорьев, В.Н. Никитина; получение данных для анализа, анализ полученных данных — А.В. Пекин, В.Н. Носов, В.А. Алексеева, Е.Н. Дубровская; написание текста рукописи — В.Н. Никитина, О.А. Григорьев; обзор публикаций по теме статьи — О.А. Григорьев.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 2–8, 13–21 см. References)

1. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. М.: Экономика, 2013. 573 с.
9. Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л. Биоэффекты хронического воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона малых интенсивностей (стратегия нормирования) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43. № 5. С. 501–511.
10. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. 201 с.
11. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2003. № 3. С. 14–15.
12. Шандала М.Г. Физические факторы окружающей среды в экологии мозга. // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 10–14.

References

1. Grigoriev YuG, Grigoriev OA. [Cellular communication and health: electromagnetic environment, radiobiological and hygienic problems, hazard forecast.] Moscow: Ekonomika Publ., 2013. 573 p. (In Russian).
2. Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, et al. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environ Pollut.* 2018; 242(Pt A):643–658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.019>
3. Divan HA, Kheifets L, Obel C, et al. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology.* 2008; 19(4):523–529. DOI: <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318175dd47>
4. Volkow ND, Tomasi D, Wang GF, et al. Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA.* 2011; 305(8):808–813. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2011.186>
5. Agarwal A, Desai NR, Makker K, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril.* 2009; 92(4):1318–1325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2008.08.022>
6. Havas M. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system.

¹³ LIMITS OF HUMAN EXPOSURE TO RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC ENERGY IN THE FREQUENCY RANGE FROM 3 KHz TO 300 GHz. Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau Environmental and Radiation Health Sciences Directorate Healthy Environments and Consumer Safety Branch Health Canada SAFETY CODE 6 (2015).

¹⁴ Summary Analysis of the 2012 WHO Survey on Risk Management Policies regarding Radiofrequency Electromagnetic Fields. Background Paper. Submitted for discussion at the WHO International Stakeholder Seminar on Radiofrequency Policies. 5 June 2013, Paris, France.

¹⁵ Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields) // National Institute for Public Health and the Environment, RIVM PO Box 1. 3720 BA Bilthoven The Netherlands. January 2018.

¹⁶ ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 11 July 2018.

¹⁷ ICNIRP statement. Principles for non-ionizing radiation protection. *Health Phys.* 2020; 118(5):477–482.

- Rev Environ Health*. 2013; 28(2-3):75-84. DOI: <https://doi.org/10.1515/revh-2013-0004>
7. Saili L, Hanini A, Smirani C, *et al*. Effects of acute exposure to WIFI signals (2.45 GHz) on heart variability and blood pressure in Albinos rabbit. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015; 40(2):600-605. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.08.015>
 8. Grigoriev YG, Grigoriev OA, Ivanov AA, *et al*. Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. *Bioelectromagnetics*. 2010; 31(8):589-602. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.20605>
 9. Grigoriev YuG, Shafirkin AV, Vasin AL. Bioeffects of chronic exposure to radiofrequency electromagnetic fields of low intensity (standardization strategy). *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2003; 43(5):501-511. (In Russian).
 10. Lukyanova SN. [Electromagnetic field of the microwave range of non-thermal intensity as an irritant for the central nervous system.] Moscow: FGBU GNTs FMBTs im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ.; 2015. 201 p. (In Russian).
 11. Grigoryev YuG. Electromagnetic fields and people's health. *Gigiena i Sanitariya*. 2003; (3):14-15. (In Russian).
 12. Shandala MG. Physical environmental factors in the ecology of the brain. *Gigiena i Sanitariya*. 2015; 94(3):10-14. (In Russian).
 13. Lukyanova SN, Karpikova NI, Grigoriev OA, *et al*. Neuroeffects cumulation of repeated nonthermal intensity electromagnetic exposures. *Bulgarian Journal of Public Health*. 2015; Suppl., 7(2(1)):145-147.
 14. Michaelson SM. Thermal effects of single and repeated exposures to microwaves - a review. In: *Biologic effects and health hazards of microwave radiation*. Czerski P, Ostrowski K, Shore ML, *et al*, editors. Warsaw: Polish Medical Publishers, 1973. 350 p.
 15. Schwan HP. Principles of interaction of microwave field at the cellular and molecular level. In: *Radiofrequency radiation dosimetry handbook*. Johnson CC, Durney CW, editors. 1st ed., Salt Lake City, University of Utah (Report No. SAM-TR-76-35). 1976.
 16. Tell RA. RF hot spot fields: The problem of determining compliance with the ANSI radiofrequency protection guide. *NAB Engineering Conference Proceedings*; 1990. P. 419-431.
 17. NCRP Report No. 086 — Biological effects and exposure criteria for radiofrequency electromagnetic fields: recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. 1986. P. 290-353.
 18. 1999/519/EC: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). *OJ L* 199, 30.7.1999, p. 59-70.
 19. Health concerns associated with electromagnetic fields. European Parliament resolution of 2 April 2009 on health concerns associated with electromagnetic fields (2008/2211(INI)). *OJEC*. 137E. P. 38-42.
 20. Osepchuk JM, Petersen RC. Historical review of RF exposure standards and the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES). *Bioelectromagnetics*. 2003; Suppl 6:S7-16. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.10150>
 21. Hardell L, Carlberg M. [Comment] Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. *Oncol Lett*. 2020; 20(15):1-11. DOI: <https://doi.org/10.3892/ol.2020.11876>

Контактная информация:

Григорьев Олег Александрович, доктор биологических наук, директор по исследованиям и развитию (R&D) Автономной некоммерческой организации «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий»; член научно-консультативного совета по неионизирующим излучениям Всемирной организации здравоохранения e-mail: oa.grigoriev@yandex.ru

Corresponding author:

Oleg A. Grigoriev, Doctor of Biological Sciences, Director for Research and Development, National Research Centre for Safety of New Technology, Member of the Scientific Advisory Board on Non-ionizing Radiation of the World Health Organization e-mail: oa.grigoriev@yandex.ru

Статья получена: 05.06.2020
Принята в печать: 07.10.2020
Опубликована 30.10.2020

