

Медико-социальный
научно-практический журнал

**ЗДОРОВЬЕ – ОСНОВА
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Том 16

№ 1



Посвящен лидерствам России в мире

Санкт-Петербург
2021

Журнал

"Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения"

Главный редактор

Варзин С.А., д-р мед. наук, проф.

Редакционная коллегия

Бубнова Н.А., д-р мед. наук, проф.;

Васильев Ю.С., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН.

Воронцов А.В., д-р философ. наук, проф.;

Глазьев С.Ю., д-р экон. наук, проф., академик
РАН (Москва);

Горбанёв С.А., д-р мед. наук, проф.;

Еремин Г.Б., канд. мед. наук., доцент;

Иванова Н.В., д-р мед. наук, проф. (Псков);

Иорданишвили А.К., д-р мед. наук, проф.;

Косачев И.Д., д-р мед. наук, проф.;

Лаптев Г.Ю., д-р биол. наук;

Мазуренко С.О., д-р мед. наук, проф.;

Макаренко С.В., канд. мед. наук, доцент;

Мальцев С.Б., канд. мед. наук, доцент;

Матвеев А.В., канд. техн. наук, доцент;

Матвеев В.В., д-р техн. наук, д-р филос. наук,
канд. экон. наук, проф.;

Мирошников Б.И., д-р мед. наук, проф.;

Мозжухина Н.А., д-р мед. наук, проф.;

Осипов А.И., д-р с.-х. наук, проф.;

Петрова Н.Н., д-р мед. наук, проф.;

Пискун О.Е., канд. пед. наук, доцент;

Пчелин И.Ю., канд. мед. наук, доцент;

Редько А.А., д-р мед. наук, проф.;

Строев Ю.И., канд. мед. наук, проф.;

Сулакшин С.С., д-р физ.-мат. и полит. наук,
проф. (Москва);

Ткачук С.П., канд. экон. наук. (Москва);

Чурилов Л.П., канд. мед. наук, ведущий
научный сотрудник, доцент;

Шишкин А.Н., д-р мед. наук, проф.;

Шумилкин В.Р., канд. мед. наук, доцент;

Эрман М.В., д-р мед. наук, проф.;

van Zwieten K.J., д-р мед. наук, проф. (Бельгия);

Schmidt K.P., д-р мед. наук, проф. (Бельгия).

Журнал основан в 2006 г.

ISSN 2076-4618

Журнал входит в РИНЦ

Том 16, №1, 2021

Тираж 500 экз.

Подписано в печать 25.12.2021 г.

Формат 70x100/16.

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 130,3. Уч.-изд. л. 121,8.

Заказ № 534.

Адрес редакции:

195271, г Санкт-Петербург,
проспект Кондратьевский, дом 72,
литера А, офис 619. каб.702.

E-mail: human-potential@mail.ru

© Санкт-Петербургский
государственный университет, 2021

© Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра
Великого, 2021

© Санкт-Петербургский медико-
социальный институт, 2021

© Варзин С.А., Диодорова Т.И.,
логотип, 2012

© Варзин С.А., Диодорова Т.И.,
логотип 2, 2017

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Редакция оставляет за собой право на стилистические
правки и сокращение присланных материалов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Степанов А.М., Куперман Р.Г., Катаев Г.Д. Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб.: Наука, 1995. 253 с.

11. Chashchin V.P., Gorbanev S., Syurin S., Nikanov A., Chashchin M., Thomassen Y., Ellingsen D.G., Nieboer E., Odland J.Ø. Occupational medicine and environmental health in the border areas of Euro-Arctic Barents region: A review of 30-year Russian-norwegian research collaboration outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. № 11. P.3879

12. Nieminen P., Panychev D., Lyalyushkin S., Komarov G., Nikanov A., Borisenko M., Kinnula V. L., Toljamo T. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia // *International Journal of Circumpolar Health*. 2013. Vol. 72. № 1. P. 19742.

Сведения об авторах

Никанов Александр Николаевич, кандидат медицинских наук, руководитель отдела клинических исследований, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Катаев Геннадий Дмитриевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Лапландский государственный природный биосферный заповедник», г. Мончегорск, Мурманская обл., Россия; e-mail: kataev105@yandex.ru

УДК 613.648.2/613.6.02

*Никитина В.Н., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н,
Ляшко Г.Г., Плеханов В.П.*

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Аннотация. Среда обитания человека загрязнена антропогенными электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Самыми распространенными и быстро развивающимися источниками ЭМИ РЧ являются сети сотовой подвижной радиосвязи. Целью исследования являлся анализ современного состояния нормативно-методического и инструментального контроля уровней электромагнитных излучений, создаваемых базовыми станциями (БС) сотовой связи на селитебных территориях. В исследовании были использованы материалы статей отечественных и зарубежных авторов, информационных Интернет-ресурсов. Выполнен анализ национальных и международных нормативно-методических документов, а также результатов рассмотрения проектных материалов и инструментальных исследований уровней электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых базовыми станциями. В результате исследования установлено, что гигиенические нормативы ЭМП

РЧ принятые в разных странах существенно отличаются. Результаты измерений свидетельствуют, что в большинстве случаев ЭМП не превышают предельно допустимый уровень (ПДУ) 10 мкВт/см². Методические подходы к измерению уровней ЭМП в России и за рубежом различны. Актуальна разработка вопросов методического и аппаратного обеспечения определения уровней ЭМП РЧ, воздействующих на население.

Ключевые слова: электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, сотовая связь, базовые станции, нормативные документы.

*Nikitina V.N., Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N.,
Lyashko G.G., Plekhanov V.P.*

REGULATORY AND METHODOLOGICAL SUPPORT AND INSTRUMENTAL CONTROL OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS OF CELLULAR BASE STATIONS IN RESIDENTIAL AREAS

Abstract. The human habitat is polluted by anthropogenic electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMR RF). The most common and rapidly developing sources of RF EMR are cellular mobile radio networks. The purpose of the study was to analyze the current state of regulatory, methodological and instrumental control of electromagnetic radiation levels created by cellular base stations in residential areas. The materials of articles by domestic and foreign authors, information Internet resources were used in the study. The analysis of national and international regulatory and methodological documents, as well as the results of the review of design materials and instrumental studies of the levels of electromagnetic fields (EMF) created by base stations (BS) is carried out. As a result of the study, it was found that the hygienic standards of RF EMF adopted in different countries differ significantly. The measurement results indicate that in most cases the EMF does not exceed the remote control (10 мкВт/см²). Methodological approaches to measuring EMF levels in Russia and abroad are different. The development of issues of methodological and hardware support for determining the levels of RF EMF affecting the population is relevant.

Keywords: electromagnetic fields, radio frequency range, cellular communications, base stations, regulatory documents.

Введение

Загрязнение среды обитания человека антропогенными электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона является характерным для современного этапа развития научно-технического прогресса. Особенно сложная электромагнитная обстановка складывается в крупных городах. Источниками ЭМИ РЧ на селитебных территориях могут быть антенны объектов радиосвязи, радиовещания, телевидения. Но самыми распространенными и быстро развивающимися источниками ЭМИ РЧ являются сети сотовой подвижной радиосвязи. За последние 15 лет сменились несколько поколений сотовой связи (2G, 3G, 4G). На пороге внедрение сетей мобильной связи пятого поколения. Элементами системы сотовой связи являются базовые станции и абонентские терминалы (АТ), далее мобильные

телефоны. От антенн БС на человека воздействуют ЭМП РЧ дальней зоны излучения. При использовании мобильных телефонов человек подвергается ЭМП ближней зоны. При воздействии ЭМП на людей различают осознанный, добровольный и вынужденный риск здоровью человека. Осознанный риск здоровью рассматривается в условиях воздействия ЭМП в профессиональной деятельности. Добровольный риск человек принимает на себя, используя источники ЭМП для создания комфортной среды, примером этому является АТ мобильной связи. И, наконец, вынужденный риск – это когда человек не может повлиять на размещение источника электромагнитного излучения и это вызывает наибольшую обеспокоенность населения. Именно к таким источникам относятся базовые станции сотовой связи, установленные на зданиях, антенн-мачтовых сооружениях, опорах двойного назначения.

Цель исследования: Анализ современного состояния нормативно-методического и инструментального контроля уровней электромагнитных излучений, создаваемых базовыми станциями сотовой связи на селитебных территориях.

Материалы и методы. Информационной базой исследования были статьи, напечатанные в отечественных и иностранных журналах, имеющих квартиль Q1, Q2 в базе данных Scopus. Использованы материалы зарубежных информационных Интернет-ресурсов, статьи Российской электронной библиотеки научных публикаций ELIBRARY.RU. Анализировались отечественные и зарубежные подходы к нормированию ЭМП РЧ, методикам измерения и результаты измерения уровней электромагнитных полей создаваемых БС на открытой территории и внутри зданий. В исследовании учитывался наш опыт рассмотрения проектных материалов на размещение базовых станций (более 50 проектов) и проведения измерений уровней ЭМП при вводе базовых станций в эксплуатацию (более 300).

Результаты. В Российской Федерации принят ряд документов санитарного законодательства, направленных на защиту населения от неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ, создаваемых радиоэлектронными средствами (РЭС), в том числе базовыми станциями подвижной радиосвязи.

Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» устанавливают предельно допустимый уровень ЭМП на территории жилой застройки, в местах, связанных с пребыванием людей, внутри жилых, общественных зданий в диапазоне частот 0,3 – 300 ГГц 10 мкВт/см².

СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» устанавливает

санитарно-эпидемиологические требования к размещению и эксплуатации радиоэлектронных средств, к которым относятся базовые станции сотовой связи. Согласно документу, перед размещением, реконструкцией, техническим перевооружением (модернизацией) РЭС, правообладателем радиоэлектронных средств должна разрабатываться проектная документация на условия размещения радиоэлектронного средства, на которую должно оформляться санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии санитарным правилам и гигиеническим нормативам. При решении вопросов размещения объектов гражданского назначения, а также при проектировании, реконструкции, техническом перевооружении объектов инженерной инфраструктуры уровня ЭМП, создаваемых РЭС в зонах рекреационного назначения, на территории жилой застройки и в местах, связанных с пребыванием людей, внутри жилых, общественных зданий, не должны превышать гигиенические нормативы. Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты представлен в методических указаниях МУ 4.3.2320-08 «Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты».

В санитарных правилах СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (п.3.5.3) прописано: «Размещение базовых станций подвижной сотовой связи на собственной территории образовательных организаций не допускается». До 01.10.22 г. действует СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной связи», согласно которого антенны базовых станций рекомендуется размещать на отдельно стоящих опорах и мачтах. Допускается размещение передающих антенн базовых станций на крышах жилых, общественных и других зданий и в иных местах при условии соблюдения предельно допустимых уровней ЭМП, создаваемых антеннами базовых станций на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений. Определение уровней электромагнитных полей от БС в окружающей среде проводится расчетными и инструментальными методами в соответствии с методическими указаниями МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи». На обеспечение электромагнитной безопасности населения направлены также требования ГОСТ 55815-2013 «Безопасность объектов и средств связи».

Анализ национальных и международных нормативов электромагнитных полей радиочастотного диапазона показал, что существует существенное расхождение в значениях предельных уровней ЭМП радиочастот, приня-

тых в разных странах и разнообразие вариантов установления нормативов [1]. Выявлено, что в различных странах мира нормативные документы имеют различные юридические статусы и относятся к разным отраслям регулирования – здравоохранению, окружающей среде и телекоммуникациям. Исследование показало, что при нормировании данного физического фактора страны используют результаты собственных исследований, нормативы других стран, регламенты воздействия ЭМП, рекомендуемые Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) [2]. В Руководстве ICNIRP представлены уровни плотности потока энергии ЭМП (1000 мкВт/см^2), рекомендуемые для кратковременных воздействий и направлены на защиту населения от острых поражений. Ограничения установлены путем теоретических расчетов и экспериментов на фантомах. Нормативы не имеет медико-биологического обоснования. В них учитываются только тепловые эффекты и не принимается во внимание длительное (хроническое) воздействие ЭМП нетепловой интенсивности.

Интенсивность ЭМП РЧ, создаваемые БС на открытой территории и внутри зданий, зависит от многих факторов: мощности БС, высоты установки, диаграммы направленности и угла наклона секторных антенн, интенсивности трафика и других. Нами проводились измерения ЭМП РЧ БС на открытых территориях и прилегающих зданиях при различных вариантах размещения БС. Измерения выполнялись измерителем уровней электромагнитных излучений ПЗ-42. Прибор внесен в Государственный реестр средств измерения и проходит ежегодную поверку. Наш опыт инструментальных измерений уровней ЭМП, создаваемых антеннами базовых станций стандартов сотовой связи 2G, 3G, 4G, показал, что при всех вариантах размещения БС на открытых территориях, значения плотности потока энергии (ППЭ) не превышают ПДУ. Не регистрируются превышения ПДУ ЭМП в помещениях зданий, на крыше которых установлены БС. При сопоставлении расчетных величин и измеренных уровней ППЭ ЭМП в контрольных точках на крыше зданий и внутри помещений установлено, что измеренные величины ППЭ в одних случаях были ниже расчетных значений, в других – превышали расчетные уровни ЭМП. Встречаются условия, при которых регистрируются превышения плотности потока энергии ЭМП на крышах зданий, на которых они установлены. Однако, на территории, прилегающей к БС, превышение ПДУ (10 мкВт/см^2) не зарегистрировано. Аналогичные данные получены и другими авторами [3-5]. В единичных случаях, в помещениях зданий, расположенных напротив БС, регистрируются превышения ПДУ. Так, при измерениях ЭМП от БС, расположенных на учебных и жилых корпусах Дальневосточного федерального университета на о. Русском, значения плотности потока энергии внутри некоторых зданий достигали $12-14 \text{ мкВт/см}^2$ [6]. Это возможно обусловлено вторичным ЭМП, переизлучаемым элементами конструкций зданий, коммуникациями и внутренней проводкой и т.д.

Характеризуя ЭМП РЧ, создаваемыми антеннами БС, нельзя не отметить высокую нестабильность электромагнитных полей радиочастот, что связано с изменениями трафика. Регистрируются существенные колебания уровней ЭМП в течение часов, суток, дней недели. Измерения носят кратковременный характер. Следует отметить, что абсолютное большинство инструментальных измерений ЭМП БС в России проведено с использованием широкополосных средств измерения. В тоже время, в условиях современной сложной электромагнитной обстановки в среде обитания человека крайне необходимы селективные средства измерения электромагнитных полей радиочастотного диапазона, поскольку широкополосные приборы – измерители ЭМП не всегда позволяют идентифицировать источники электромагнитных полей.

Анализ зарубежного опыта определения уровней ЭМП РЧ БС показывает, что как и в России при определении уровней ЭМП в окружающей среде применяются расчетные и инструментальные методы и выполняются кратковременные измерения уровней ЭМП РЧ. Измерения проводятся преимущественно селективными приборами – измерителями ЭМП. Предпочтение в оценке ЭМП дается расчетным методам и приборам, установленным на автомобиле. Сравнительные измерения уровней ЭМП РЧ проводятся на открытых территориях в различные дни недели, время суток, в том числе в час пик. При кратковременных измерениях с использованием селективных приборов на открытой территории уровни плотности потока энергии от антенн БС составляли от $0,32 \text{ мкВт/см}^2$ до $10,1 \text{ мкВт/см}^2$ [7 – 9]. За рубежом активно изучаются возможности применения персональных дозиметров различных типов для установления индивидуального облучения ЭМП от антенн БС. Измерения ЭМП с использованием индивидуальных дозиметров преследуют две основные цели: во-первых, охарактеризовать индивидуальное облучение человека, во-вторых, измерить типичные уровни воздействия в различных микросредах, таких как общественный транспорт, открытые городские районы, внутри домов и других зонах пребывания людей. При индивидуальной дозиметрии применяются различные варианты размещения антенн и приборов (на теле человека, на велосипеде, в рюкзаке) [10-12]. Проводились сравнения результатов измерения ЭМП РЧ, выполненных различными типами дозиметров [13]. Авторы указывают, что до конца не ясно, как сравнивать разные устройства в реальной среде, где имеются сложные сочетания сигналов со всех направлений. Вызывает опасение искажение ЭМП, падающего на антенну прибора, размещенную непосредственно на теле или вблизи тела человека. Рассматривается возможность использования в измерениях радиочастотного электромагнитного поля в реальных условиях беспилотных летательных аппаратов. Авторы метода считают, что это позволит точно измерить трехмерные диаграммы воздействия ЭМП РЧ на население, в том числе в труднодоступных местах. Измерения на открытом воздухе могут

выполняться на высоте до 60 м [14]. Анализируются результаты различных методик оценки воздействия на население уровней радиочастотного электромагнитного поля в повседневной среде. Авторы констатируют значительные различия между исследованиями в зависимости от вида процедуры измерения, что исключает межгосударственное сравнение результатов. Для точного определения типичных уровней воздействия РЧ ЭМП в повседневной среде необходима сопоставимая концепция мониторинга ЭМП [15].

Обсуждение. Актуальность разработки вопросов методического и аппаратного обеспечения определения уровней ЭМП РЧ, воздействующих на человека, понятна. Информация о параметрах ЭМИ РЧ необходима для оценки интенсивности ЭМИ (сравнения с допустимыми уровнями воздействующего фактора), разработки мероприятий по защите. Данные об интенсивности излучения используются для установления причинно-следственных связей между воздействием ЭМИ РЧ и нарушением здоровья. Инструментальные измерения параметров ЭМИ РЧ являются важнейшим этапом исследований в области электромагнитной безопасности. Для гигиенической оценки реальных параметров электромагнитных полей радиочастотного диапазона, создаваемых базовыми станциями подвижной радиосвязи и другими техническими средствами в окружающей среде, требуются селективные средства измерения, которые, к сожалению, в России не выпускаются. Анализ материалов показал, что за рубежом существует многовариантность методических подходов к измерению уровней ЭМП, особенно при индивидуальной дозиметрии. По нашему мнению, применяемое за рубежом при измерении ЭМП РЧ размещение индивидуальных дозиметров непосредственно на теле человека, в рюкзаках, в пластиковых корзинах на велосипедах, может вносить существенные погрешности в результаты измерений. Требуется обсуждение специалистами принципиальных подходов к определению индивидуальной дозы ЭМИ РЧ в условиях сложной электромагнитной обстановки в городской среде. В России ведутся исследования по разработке индивидуальных дозиметров, однако они еще не получили широкого распространения.

Выводы:

1. Дальнейшее развитие сотовой мобильной радиосвязи и внедрение цифровых технологий будет сопровождаться увеличением загрязнения среды обитания человека электромагнитными полями радиочастотного диапазона особенно в условиях мегаполисов.
2. Можно констатировать, что определение уровней ЭМП РЧ в условиях сложной электромагнитной обстановки, создаваемой излучениями радио-электронных средств различного назначения, является сложной проблемой.
3. На сегодня является актуальной научная разработка методических вопросов определения уровней ЭМП радиочастот, воздействующих на человека и создание соответствующих селективных средств измерения электромагнитных полей.

Список литературы

4. Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Панкина Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона. // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2020. №10 (333). – С.28-33. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33.
5. ICNIRP GUIDELINES for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) // *Health Phys.* – 2020. – Vol. 118, № 5. P. 483-524.
6. Луценко Л.А., Гвоздева Л.Л., Турдыев Р.В. Вопросы гигиенической безопасности при размещении и введении в эксплуатацию базовых станций сотовой связи // *Медицина труда и экология человека*. –2019. – №1 (17). – С.11-15.
7. Кордюков Н.М. Оптимизация контроля за электромагнитными полями от базовых станций сотовой связи // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина-2020», 18-19 ноября 2020, Санкт-Петербург. СПб. – 2020. – С.212-217.
8. Высотин С.А., Сайфитова А.Т., Рязанова Е.А. Гигиеническое значение электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи // *Международный студенческий научный вестник*. –2019. – №5-1. – С. 9-16.
9. Стаценко Л.Г., Бахвалова А.А., Жмакина И.Д. Электромагнитный фон на территории кампуса ДВФУ на о. Русский: инструментальные измерения // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. – 2021. – №3(48). – С. 124-132.
10. Sagar S., Adem S. M., Struchen B., Loughran S. P., Brunjes M. E., Arangua L., Dalvie M. A., Croft R. J., Jerrett M., Moskowitz J. M., Kuo T., Röösi M. Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday micro-environments in an international context // *Environ Int.* – 2018. – No. 114. P. 297-306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036.
11. Thielens A., Vanveerdeghem P., Van Torre P., Gängler S., Röösli M., Rogier H., Martens L., Joseph W. A Personal, Distributed Exposimeter: Procedure for Design, Calibration, Validation, and Application // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 2. P. 180. doi: 10.3390/s16020180.
12. Cansiz M., Abbasov T., Kurt M. B., Celik A. R. Mapping of radio frequency electromagnetic field exposure levels in outdoor environment and comparing with reference levels for general public health // *J Expo Sci Environ Epidemiol.* – 2018. – Vol. 28, No. 2. P. 161-165. doi: 10.1038/jes.2016.64.
13. Gryz K., Zradziński P., Karpowicz J. The role of the location of personal exposimeters on the human body in their use for assessing exposure to the electromagnetic field in the radiofrequency range 98-2450 MHz and compliance analysis: evaluation by virtual measurements // *Biomed Res Int.* – 2015. – No. 2015. P. 272460. doi: 10.1155/2015/272460.
14. Gonzalez-Rubio J., Najera A., Arribas E. Comprehensive personal RF-EMF exposure map and its potential use in epidemiological studies // *Environ Res.* – 2016. – No. 149. P. 105-112. doi: 10.1016/j.envres. 2016.05.010.

15. Sagar S., Struchen B., Finta V., Eeftens M., Rösli M. Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment // Environ Res. – 2016. – No. 150. P. 289-298. doi: 10.1016/j.envres.2016.06.020.

16. Eeftens M., Dongus S., Bürgler A., Rösli M. A real-world quality assessment study in six ExpoM-RF measurement devices // ACCEDERA team. Environ Res. – 2020. – No. 182. P. 109049. doi: 10.1016/j.envres.2019.109049.

17. Joseph W., Aerts S., Vandenbossche M., Thielens A., Martens L. Drone based measurement system for radiofrequency exposure assessment// Bioelectromagnetics. – 2016. – Vol. 37, No. 3. P. 195-199. doi: 10.1002/bem.21964.

18. Sagar S., Dongus S., Schoeni A., Roser K., Eeftens M., Struchen B., Foerster M., Meier N., Adem S., Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review // J Expo Sci Environ Epidemiol. – 2018. – Vol. 28, No. 2. P. 147-160. doi: 10.1038/jes.2017.13.

Сведения об авторах:

Никитина Валентина Николаевна, доктор медицинских наук, заведующая отделением изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: v.nikitina@s-znc.ru.

Калинина Нина Ивановна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: n.kalinina@s-znc.ru.

Ляшко Галина Григорьевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: g.lyashko@s-znc.ru.

Дубровская Екатерина Николаевна, научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: nikanorushka@mail.ru.

Плеханов Владимир Павлович, научный сотрудник отделения изучения электромагнитных излучений отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург, Россия; e-mail: wplekhanov@bk.ru.