

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

Методические подходы к измерению и оценке воздействия электромагнитных полей, создаваемых смартфонами

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Смартфоны являются самыми распространёнными среди населения мобильными приёмо-передающими радиочастотными устройствами со сложной операционной системой, микропроцессором и большим объёмом памяти. Актуальна задача измерения и оценки электромагнитных полей (ЭМП) смартфонов, воздействующих на человека.

Цель исследования – сравнительный анализ отечественных и зарубежных методических подходов к измерению и оценке электромагнитных полей радиочастотного диапазона (РЧ), создаваемых смартфонами.

Материалы и методы. Анализ зарубежных и отечественных нормативно-методических документов, научных публикаций по вопросу измерения и оценки воздействия ЭМП мобильных телефонов. Проведение пилотных инструментальных измерений при работе смартфонов в реальном режиме использования абонентского терминала.

Результаты. Представлены результаты исследования электромагнитных излучений (ЭМИ) смартфонов. Проведено изучение методических подходов к измерению и оценке ЭМП смартфонов в зарубежных и отечественных нормативно-методических документах, публикациях по рассматриваемому вопросу в научных рецензируемых журналах. Выполнены пилотные инструментальные измерения уровней плотности потока энергии (ППЭ) ЭМП при работе разных моделей смартфонов в помещении в режиме набора номера.

Ограничения исследования. Измерения уровней ЭМП широкополосным средством измерения ПЗ-42 ограничило возможности детальной оценки ЭМП.

Заключение. Требуется детальное исследование параметров электромагнитных полей, создаваемых смартфонами, в широком спектре частот и при различных режимах функционирования (приём и передача данных с использованием интернета, Wi-Fi-соединения, работа в режиме роутера и др.). Необходимы разработка и производство отечественных селективных приборов – измерителей ЭМП радиочастотного диапазона, в том числе в ближайшей зоне излучения.

Ключевые слова: электромагнитные поля; электромагнитная безопасность; мобильная радиосвязь; смартфоны

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Методические подходы к измерению и оценке воздействия электромагнитных полей, создаваемых смартфонами. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(8): <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8> <https://www.elibrary.ru/ABCDEF>

Для корреспонденции: Никитина Валентина Николаевна, доктор мед. наук, зав. отд. изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: v.nikitina@s-znc.ru

Участие авторов: Никитина В.Н. – концепция и дизайн исследования, анализ данных, написание текста; Калинина Н.И. – сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных, редактирование; Ляшко Г.Г. – сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных, редактирование; Дубровская Е.Н. – сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных, редактирование; Плеханов В.П. – сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.05.2022 / Принята к печати: 04.08.2022 / Опубликовано: 31.08.2022

Valentina N. Nikitina, Nina I. Kalinina, Galina G. Lyashko, Ekaterina N. Dubrovskaya, Vladimir P. Plekhanov

Methodological approaches to measuring and evaluating the effects of electromagnetic fields generated by smartphones

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

Introduction. Among the population, smartphones are the most common mobile radio frequency receiving and transmitting devices with a complex operating system, a microprocessor, a large amount of memory, etc. It is an urgent task to measure and evaluate the smartphone electromagnetic fields (EMF) exposing to a person.

The purpose of the study. Comparative analysis of domestic and foreign methodological approaches to measuring and evaluating electromagnetic fields of the radio frequency range (RF) created by smartphones.

Materials and methods. Analysis of foreign and domestic regulatory and methodological documents, scientific publications on the measurement and evaluation of the effects of EMF of mobile phones. Conducting pilot instrumental measurements during the operation of smartphones in the real mode of using the subscriber terminal.

Results. There are presented results of the study of electromagnetic radiation (EMR) of smartphones. The study of methodological approaches to measuring and evaluating the smartphone EMF in foreign and domestic regulatory and methodological documents, publications on the issue under consideration in scientific peer-reviewed journals. There have been performed pilot instrumental measurements of energy flux density (EFD) levels of EMF when different smartphone models are working indoors in dial mode.

Limitations. The measurement of EMF levels by the broadband measuring instrument PZ-42 limited the possibilities of a detailed assessment of EMF.

Conclusion. A detailed study of the EMF parameters created by smartphones in a wide range of frequencies and under various operating modes (data reception/transmission using the Internet, Wi-Fi connections, operation in router mode, etc.) is required. It is necessary to develop and manufacture domestic selective devices – EMF meters of the radio frequency range, including in the near zone radiation.

Keywords: electromagnetic fields; electromagnetic safety; mobile radio communication; smartphones

Compliance with ethical standards: the study does not require the submission of the conclusion of the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Dubrovskaya E.N., Plekhanov V.P. Methodological approaches to measuring and evaluating the effects of electromagnetic fields generated by smartphones. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(8) . <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-> (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ABCDEF>

For correspondence: Valentina N. Nikitina, MD, PhD, DSci., head of electromagnetic radiation research department. North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation. E-mail: nikitina@s-znc.ru Russian Federation. E-mail: v.nikitina@s-znc.ru

Information about authors:

Nikitina V.N., <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044>
Lyashko G.G., <https://orcid.org/0000-0002-4832-769X>
Plekhanov V.P., <https://orcid.org/0000-0002-8141-7179>

Kalinina N.I., <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176>
Dubrovskaya E.N., <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X>

Contribution: Nikitina V.N. – the concept and design of the study; collection and processing of material; writing a text; Kalinina N.I. – collection of literature data; collection and processing of material; editing; Lyashko G.G. – collection of literature data; collection and processing of material; editing; Dubrovskaya E.N. – collection of literature data; collection and processing of material; editing; Plekhanov V.P. – collection of literature data; collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 17, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: August 31, 2022

Введение

Телекоммуникационная отрасль связи в последние годы является одной из наиболее быстро развивающихся и высокотехнологичных сфер экономики. Внедряются новые стандарты связи, наращиваются скорости передачи данных и возможности средств подвижной радиосвязи, база которых растёт, увеличивается число пользователей мобильных устройств. Мобильные устройства – самая быстрорастущая область в потребительской экономике, которая сегодня стоит на пороге внедрения мобильной связи пятого поколения 5G/IMT-2020 [1–5]. Средства мобильной связи относятся к приёмно-передающим радиочастотным устройствам с пиковой мощностью в диапазоне от 0,1 до 2 Вт. Мобильные телефоны (МТ) наиболее часто используются в режиме разговора, в то время как новые поколения этих устройств – смартфоны – рассматриваются в качестве интернет-устройства, а для голосовых звонков используются в меньшей степени. Смартфон отличается от мобильного телефона операционной системой, микропроцессором и объёмом памяти, программами и имеет, кроме голосовых звонков, целый ряд других функций. В Российской Федерации на январь 2021 г. 97,3% интернет-пользователей в возрасте от 16 до 64 лет владели мобильными устройствами, из них 94,9% – смартфонами. Число пользователей мобильного интернета составляет 111,3 млн человек – 89,7% от общего числа интернет-пользователей. Среднее время использования мобильного интернета в течение суток составляет 3 ч 29 мин. Приведённые данные свидетельствуют, что на сегодня смартфон является самым распространённым мобильным устройством [6]. В связи с этим стоит актуальная задача измерения и оценки электромагнитных полей (ЭМП), воздействующих на человека при использовании смартфонов.

Цель работы – сравнительный анализ отечественных и зарубежных методических подходов к измерению и оценке ЭМП радиочастотного диапазона (РЧ), создаваемых смартфонами.

Материалы и методы

В настоящей работе проведён анализ факторов, влияющих на интенсивность ЭМП, создаваемых мобильным устройством, методических подходов к измерению и оценке ЭМП, воздействующих на человека, нормативно-методических документов и публикаций по рассматриваемому вопросу в научных рецензируемых зарубежных и отечественных журналах. Выполнены пилотные инструментальные

измерения уровней плотности потока энергии (ППЭ) ЭМП при эксплуатации в помещении разных типов смартфонов в режиме набора. При проведении исследований использован испытательный стенд из диэлектрического материала, имеющий держатели из пластмассы для смартфонов. Корпус смартфона фиксировали в держателе вертикально. Во время проведения измерений внешние подключения (кабели питания, интерфейса и т. д.) отсутствовали. В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03¹ антенна измерительного прибора располагалась на расстоянии 370 мм от смартфона для определения контролируемых уровней ЭМП. Использовали внесённый в Государственный реестр средств измерений и имеющий действующее свидетельство о поверке измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-42 (антенна АП-1): диапазон частот – от 300 МГц до 40 ГГц; диапазон измерений – 0,26–100000 мкВт/см²; погрешность ± 3 дБ. При исследовании каждой модели смартфона проводили не менее трёх измерений уровней плотности потока энергии, определяющим являлось максимальное из трёх средних значений, затем выполняли расчёт расширенной неопределённости.

Результаты

Особенности электромагнитных излучений, создаваемых смартфоном. Смартфон – это высокопроизводительное устройство, созданное на основе сотового телефона, поддерживающее множество различных функций и интерфейсов, обеспечивающих его связь с другими устройствами и различными телекоммуникационными сетями. Смартфон представляет собой приёмопередатчик, антенны которого в условиях эксплуатации находятся непосредственно возле тела человека. Помимо основного передатчика современные мобильные терминалы имеют в своём составе устройства Bluetooth и Wi-Fi, которые тоже излучают радиосигналы. При использовании смартфона на человека воздействуют ЭМП РЧ ближней зоны излучения, в которой электромагнитная волна не сформирована, между электрической и магнитной составляющими ЭМП нет определённой зависимости и уровни их могут различаться во много раз. Поэтому регистрация уровней ЭМП непосредственно у панели смартфонов проводится отдельно по напряжённости элект-

¹ СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 25 с.

трического (Е) и магнитного поля (Н) приборами, позволяющими проводить измерения уровней ЭМП ближней зоны. В дальней зоне излучения интенсивность ЭМП измеряется в значениях плотности потока энергии. Параметры ЭМП МТ, воздействующих на человека, зависят от многих факторов. Детальная характеристика условий, влияющих на интенсивность излучения мобильных телефонов, представлена в монографии [7]. Во время разговора человек подвергается воздействию ЭМП РЧ более высокого уровня. Если же телефон находится в режиме ожидания, то излучение незначительно, поскольку обмен данными с базовой станцией продолжается всего доли секунды. Когда пользователь попадает в труднодоступные места, связь с базовой станцией затруднена, и в этом случае МТ будет создавать высокие уровни излучения до тех пор, пока не установится связь. Степень облучения мозга человека будет зависеть от конструкции мобильного устройства и, в частности, от места расположения антенны, материала корпуса смартфона (более высокие уровни создаются при использовании металла в корпусе МТ). Облучение характеризуется нерегулярно повторяющимися периодами облучения ЭМП, разделёнными различными по времени паузами. Интенсивность ЭМП абонентского терминала (АТ) зависит от конкретных условий, в которых используется мобильное устройство, а именно от расстояния до базовой станции, изменения трафика, местонахождения пользователя (в здании, на открытой территории, в наземном или подземном транспорте) и ряда других. Условия воздействия ЭМП АТ и уровни ЭМП, воздействующих на пользователей смартфонов, носят неконтролируемый характер. Тем не менее измерения ЭМП, создаваемых мобильными устройствами, необходимы при определении уровней ЭМП АТ в конкретных условиях при эпидемиологических исследованиях, разработке мероприятий по защите от ЭМП и для информирования населения. Обязательным является инструментальный контроль уровней излучения при изучении биоэффектов ЭМП МТ в экспериментах на животных и лабораторных исследованиях с привлечением добровольцев.

Нормирование электромагнитных полей, создаваемых смартфонами. Международный подход к регламентации электромагнитных излучений (ЭМИ) радиочастотного диапазона основан на базовых ограничениях, где нормируемым параметром является удельная поглощённая мощность — SAR (Specific Adsorption Rate), которая характеризует количество поглощённой энергии в расчёте на единицу массы тела. SAR — это количество электромагнитной энергии (в ваттах), поглощённое одним килограммом тела человека. Такой подход рекомендуется Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP), при этом учитывается тепловое действие ЭМП [8]. Мобильные телефоны испытываются при максимальной мощности на передачу. SAR определяется в исследованиях на фантомах на основании термодинамических расчётов поглощённой энергии. При таком подходе регламентирования ЭМП не учитываются сложные процессы, протекающие в живом организме. Такой подход возможен для предварительной оценки действия высоких уровней полей, но неприменим для нормирования и воздействия ЭМИ малой интенсивности, обладающей кумулятивным эффектом. Кроме того, при определении SAR не учитывается влияние модуляции и других характеристик сложного радиочастотного сигнала. Нормируемые значения SAR мобильных телефонов составляют в США 1,6 Вт/кг, в Евросоюзе — 2 Вт/кг. Значения SAR у моделей мобильных телефонов различны, представлены в руководствах по эксплуатации. Согласно сложившейся в Российской Федерации методологии, гигиенические нормативы ЭМП разрабатываются на основании результатов специальных комплексных гигиенических, эпидемиологических и экспериментальных исследований на животных.

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 устанавливает временный допустимый уровень (ВДУ) воздействия на человека ЭМП, создаваемых подвижными станциями, в диапазоне $300 \text{ МГц} \leq f \leq 2400 \text{ ГГц}$, равный 100 мкВт/см^2 непосредствен-

но у головы пользователя. Измерения ЭМП от подвижных станций, работающих в диапазоне $300 \text{ МГц} \leq f \leq 2400 \text{ ГГц}$, проводятся в зоне сформированного поля на расстоянии 370 мм. При этом контролируемый уровень ППЭ не должен превышать 3 мкВт/см^2 , что обеспечивает соблюдение ВДУ ЭМП непосредственно у головы пользователя. Измерения уровней ЭМП от подвижных станций должны проводиться при условии стабильного обеспечения максимального уровня излучения ЭМП. В СанПиН 1.2.3685-21² регламентирован только допустимый уровень (ДУ) плотности потока энергии в диапазоне частот $300 \text{ МГц} \leq f < 2600 \text{ МГц}$, равный 100 мкВт/см^2 непосредственно у головы пользователя. Методические указания МУК 4.3.2501-09³ устанавливают порядок и метод измерений уровней ЭМП персональных подвижных систем сотовой связи, требования к проведению измерений уровней ЭМП от абонентских терминалов сотовой связи для целей санитарно-эпидемиологической экспертизы. Документ содержит требования к помещению, оборудованию, средствам измерения. Указано, что средства измерения (СИ) должны обеспечивать регистрацию среднеквадратических значений напряжённости электрического поля с последующим пересчётом в плотность потока энергии. При проведении измерений СИ должны находиться по отношению к передней панели АТ на расстоянии, определённом нормативным документом.

Зарубежный и отечественный опыт проведения исследований уровней ЭМП, создаваемых мобильными устройствами. В качестве примера рассмотрим результаты измерения уровней ЭМП, выполненного в конкретных условиях использования мобильного телефона в г. Левен (Бельгия), где были проведены измерения уровней ЭМП мобильных телефонов стандарта GSM-900 с целью изучения воздействия на пользователя МТ в зависимости от места расположения мобильного устройства. Измерения проводили на открытой территории и в помещениях с помощью приложения, установленного на телефоне Android, которое измеряет мощность излучения антенны мобильного телефона. Это приложение было проверено с помощью расширенной процедуры калибровки, в которой используется высокопроизводительный анализатор спектра. На территории в центре города средние уровни напряжённости электрического поля, создаваемого МТ, измеренные в зависимости от расстояния до базовых станций, составили 5,54 и 6,18 В/м. В помещениях уровни напряжённости электрического поля были 10,36 и 30,87 В/м. Авторы отмечают, что на открытом воздухе средняя экспозиция ЭМП МТ, воздействующих на пользователя мобильного телефона, примерно в 8 раз выше, чем средняя экспозиция ЭМП от базовых станций. В помещении этот коэффициент возрастал примерно до 30 [9].

В другом исследовании, выполненном в этом же городе, изучалось пиковое воздействие ЭМП мобильных телефонов во время реального использования их в режимах передачи данных и голосовых вызовов. Оценивали также зависимость интенсивности излучения от сети мобильной связи (2G, 3G и 4G) и выбора оператора. Исследования проведены в рабочие дни в 60 помещениях при работе аппаратуры трёх операторов связи в полосах восходящих каналов трёх технологий связи: 2G (880–915, 1710–1785 МГц); 3G (880–915, 1920–1980 МГц); 4G (832–862, 1710–1785, 1920–1980, 2500–2570 МГц). Для оценки воздействия радиочастотного излучения от мобильного телефона использовали измерительную установку с высокоточным анализатором спектра — портативный анализатор спектра Keysight N9344C (погрешность измерения составляет около $\pm 1,3 \text{ дБ}$ до 7 ГГц) и с датчиком (зондом) измерения

² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 05.04.2022 г.).

³ МУК 4.3.2501-09 «Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 11 с.

Таблица 1 / Table 1

Значения SAR исследуемых моделей смартфонов, указанные в технической документации
SAR values of the studied smartphone models specified in the technical documentation

Модель смартфона Smartphone Model	SAR, Вт/кг Specific absorption rate (SAR) (W/kg)	
	для головы for the head	для тела for the body
Nokia Lumia 530	1.09	1.19
Apple iPhone 5S	0.93	0.99
HTC Desire 526G	0.49	0.52
Xiaomi Mi Max	0.84	0.63
Microsoft Lumia 550	0.77	0.77

электрического поля в ближней зоне излучения – шаровой датчик 904-E-Field. Измерения напряжённости электрического поля проводили в одной точке, зонд был прикреплён к середине мобильного телефона, который находился на расстоянии 12 см от тела в руке экспериментатора. Исследование показало, что во время звонка имеются существенные различия в пиковых уровнях ЭМП. Так, пиковые уровни воздействия при стандарте 3G были намного ниже, чем при стандартах 2G и 4G. Самые высокие уровни ЭМП регистрировались в технологии связи 2G. Аналогичные результаты были получены и при измерении пиковых значений ЭМП в режиме передачи данных. В целом у всех операторов напряжённость электрического поля для 4G выше, чем для 3G. В работе отражены результаты сравнительных исследований уровней ЭМП при двух возможных вариантах голосовых вызовов: МТ находится у головы или терминал работает в режиме громкой связи. Результаты показали, что излучаемое поле при расположении МТ у головы человека примерно на 34% выше для 2G (GSM), чем при использовании режима громкой связи. В работе большое внимание уделено методическим вопросам измерения уровней ЭМП от МТ. Однако хотелось бы отметить, что нахождение МТ в момент проведения измерений в руке оператора может влиять на регистрируемые уровни ЭМП [10].

Измерения ЭМП от мобильных телефонов проводятся и в нашей стране. В работе [11] рассматривается использование методики оценки уровней магнитной составляющей ЭМП радиочастотного диапазона для носимых средств связи, работающих на частотах свыше 300 МГц. По мнению авторов, такой подход позволит корректно проводить измерения в ближней зоне источника как в свободном пространстве, так и при применении фантомов. Были проведены дозиметрические исследования ЭМИ мобильных телефонов разных моделей на центральных частотах стандартов GSM900 (902,4 МГц) и DCS1800 (1747,4 МГц). Для оценки напряжённости электрического, магнитного полей и удельной поглощённой мощности были использованы установки DASY52NEO и ISAR. Сравнение результатов дозиметрии показало отсутствие значимых различий между полученными значениями, что позволяет предполагать адекватность предложенного метода. Однако авторы отмечают, что на минимальных расстояниях от источника ЭМП требуется дополнительная корректировка метода. Как было указано выше, в России не выпускают приборов, позволяющих измерять напряжённость электрического и магнитного полей мобильного телефона в ближней зоне излучения, но такие измерения, к сожалению, проводятся. Так, результаты измерения ППЭ ЭМП мобильного телефона прибором ПЗ-41 в непосредственной близости от передней панели мобильного представлены в работе [12], в то время как в ближней зоне ППЭ не измеряется, следовательно, указанное средство из-

Таблица 2 / Table 2

Результаты измерений плотности потока энергии, создаваемые различными моделями смартфонов в помещении
The results of measurements of the energy flux density generated by various models of smartphones in the room

Модель смартфона Smartphone Model	Максимальный уровень плотности потока энергии ± расширенная неопределённость измерения, мкВт/см ² Maximum energy flux density level ± extended measurement uncertainty (mW/cm ²)
	Nokia Lumia 530
Apple iPhone 5S	0,98 ± 0.40
HTC Desire 526G	0,93 ± 0.38
Xiaomi Mi Max	0,81 ± 0.34
Microsoft Lumia 550	0,97 ± 0.40

мерения не может быть использовано для определения уровней ЭМП у панели МТ. Такие же комментарии могут быть даны и к исследованиям по изучению влияния мобильных телефонов на здоровье детей [13, 14]. В указанных работах проводили измерения ППЭ ЭМП у поверхности лицевой панели прибором ПЗ-33М.

Нами в пилотном исследовании выполнены измерения ППЭ ЭМП, создаваемых различными моделями смартфонов. Программа исследований включала подготовку испытательного стенда, измерение фоновых уровней ЭМП, испытания различных моделей смартфонов, обработку и анализ полученных результатов. Для исследований были выбраны следующие модели смартфонов: Nokia Lumia 530, Apple iPhone 5S, HTC Desire 526G, Xiaomi Mi MAX, Microsoft Lumia 550. В руководствах по эксплуатации МТ представлена удельная поглощённая мощность (SAR) для головы и тела. В табл. 1 приведены значения SAR исследуемых моделей смартфонов.

Измеренные фоновые уровни ЭМП составляли $0,32 \pm 0,13$ мкВт/см². В табл. 2 представлены результаты измерений ППЭ ЭМП, создаваемых различными моделями смартфонов.

Можно констатировать, что в данных условиях и в указанный период времени зарегистрированные значения плотности потока энергии ЭМП оказались ниже нормируемого уровня – 3 мкВт/см² (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03).

Обсуждение

Смартфон является наиболее распространённым и приближенным непосредственно к человеку источником ЭМП радиочастотного диапазона. В настоящее время доказано отрицательное воздействие ЭМП МТ на здоровье человека [15–19]. Во время разговора по мобильному телефону облучаются головной мозг человека, зрительный и слуховой анализаторы, щитовидная железа. При использовании мобильным интернетом, передаче данных, видеосмотрах в течение длительного времени облучаются руки пользователя МТ. При оценке влияния ЭМП этот факт нельзя не учитывать. Кожа имеет сложное строение, выполняет многообразные функции, играет существенную роль в формировании реакции организма на внешние раздражители. Кожа является огромным рецепторным полем, посредством которого организм связан с внешней средой. Многочисленные рецепторы кожи трансформируют энергию физического воздействия в нервные импульсы, достигающие центральной нервной системы и служащие базой для формирования реакции целостного организма [20].

Особую обеспокоенность вызывает активное использование смартфонов детьми и подростками. По данным исследователей из Белоруссии, период постоянного исполь-

зования мобильного телефона школьниками составил в среднем 6–7 лет, у 15% – более 9 лет, у студентов – 8–9 лет; 60% учащихся используют телефон для воспроизведения музыки и 100% – для игр. У 80% школьников и 98% студентов телефон подключён к интернету, длительность нахождения в интернете – от 20 мин до 8 ч, и 85% учащихся не отключают телефон на занятиях, в общественных местах, на ночь и т. д. До 80% респондентов используют телефон в транспорте, что может усилить вредное влияние. Носят телефон в кармане 65% опрошенных и только 35% – в сумке или портфеле [21]. Можно предположить аналогичную ситуацию и в России.

Действующие отечественные нормативно-методические документы по испытаниям смартфонов на предмет соответствия уровней ЭМП МТ временным гигиеническим нормативам устарели. Селективные приборы, позволяющие определять уровни ЭМП РЧ в ближней зоне, отечественными производителями не выпускаются. Нельзя не отметить, что публикуются работы, в которых представлены результаты измерения ППЭ ЭМП непосредственно у панели МТ (в ближней зоне излучения), что является некорректным. Методические вопросы оценки ЭМИ носимых средств радиосвязи и нормирования ЭМП имеют разные подходы в России и за рубежом. Сравнить соответствие регламентируемых интенсивностей ЭМП мобильных телефонов, принятых в США и странах Евросоюза, с требованиями национальных гигиенических нормативов в России не представляется возможным ввиду расхождений в методологических подходах к нормированию ЭМП.

Заключение

В настоящее время мобильные телефоны в России не проходят санитарно-эпидемиологической экспертизы на предмет соответствия уровней ЭМП установленным гигиеническим нормативам. При сертификации смартфонов, сотовых телефонов рассматривается лишь соответствие стандартам по электромагнитной совместимости техниче-

ских средств. В сопроводительной документации на поступающие в нашу страну смартфоны указывается информация по уровням SAR, установленным международными нормами, которые не действуют на территории России. Эксперты отмечают, что в России требования к регламентам ЭМИ более жёсткие, чем в Европе и США. Различия принципов гигиенического нормирования и методов измерений ЭМИ в России и за рубежом приводят к тому, что наличие официального сертификата на партию смартфонов не является гарантией соответствия уровней ЭМП отечественным гигиеническим нормативам. Производители смартфонов должны учитывать национальные стандарты страны, импортирующей их продукцию, соблюдение требований ПДУ ЭМП и указывать это в руководстве по эксплуатации. Имеющиеся различия в гигиеническом нормировании ЭМИ и методов измерений, отсутствие корреляции между показателями ППЭ и SAR свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших научных исследований в этой области в целях гармонизации подходов к гигиеническому нормированию и контролю ЭМИ, создаваемых средствами подвижной радиосвязи. Требуется детальное исследование параметров ЭМП, создаваемых смартфонами при эксплуатации в более широком спектре частот и при других режимах функционирования устройств, таких как приём и передача данных с использованием интернета, Wi-Fi-соединения, работа в режиме роутера и др. Нельзя не отметить, что развитие современных технологий радиосвязи сопровождается внедрением интернета вещей (IoT), многочисленных беспроводных датчиков и сенсорных систем, число которых существенно увеличится при развитии 5G. Поэтому решение задач измерения и оценки уровней ЭМП, воздействующих на человека в реальных условиях в ближней и дальней зонах излучения, будет становиться всё более актуальным, следовательно, необходимы разработка и производство отечественных селективных приборов – измерителей ЭМП РЧ, предназначенных для выполнения измерений уровней ЭМП РЧ в дальней и ближней зонах излучения.

Литература

(п.п. 8–10, 19 см. References)

- Гриневич Ю.А., Кетрарь М.В. Анализ состояния и тенденций развития рынка сотовой связи в России. *Современные научные исследования и разработки*. 2018; 2(5): 177–80.
- Бедирханова С.Р. Анализ и оценка состояния и тенденций развития рынка сотовой связи России (2018–2019 годы). В кн.: *Наука сегодня: Вызовы и решения. Материалы международной научно-практической конференции*. Вологда; 2019: 41–4.
- Бородин А.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики. *Электросвязь*. 2017; (5): 45–9.
- Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Электромагнитная безопасность: критические характеристики сетей 5G. *Электросвязь*. 2019; (4): 53–8.
- Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П. Особенности архитектуры сетей 5G. Вероятностное прогнозирование воздействия электромагнитных полей радиочастот на население. (Обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 792–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-792-796>
- Диджитал-2021 Россия: мобильные факты. Доступно: <https://www.byud.me/ru/blog/2021/06/digital-2021/>
- Зубарев Ю.Б. *Мобильный телефон и здоровье*. М.; 2021.
- Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В., Белая О.В. Корректировка принципов контроля электромагнитных излучений носимых средств связи в ближней зоне источника. В кн.: *Человек и электромагнитные поля. Материалы IV Международной конференции*. Саров; 2013.
- Вторникова Н.И., Бабалян А.В., Карелин А.О., Иванов В.А. Оценка интенсивности электромагнитного излучения мобильных телефонов, воздействующего на голову человека. *Учёные записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова*. 2017; 24(4): 75–81. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2017-24-4-75-81>
- Вятлева О.А., Курганский А.М. Мобильные телефоны и здоровье детей 6–10 лет: значение временных режимов и интенсивность излучения. *Здоровье населения и среда обитания*. 2017; (8): 27–30. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-293-8-27-30>
- Вятлева О.А., Курганский А.М. Особенности пользования мобильной связью (интенсивность излучения, временные режимы) и влияние на показатели здоровья у современных младших школьников. *Здоровье населения и среда обитания*. 2018; (8): 51–4. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-305-8-51-54>
- Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитная безопасность для здоровья населения. Современная оценка риска – от электромагнитного смога до электромагнитного хаоса (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2019; (2): 88–95. <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2019-16347>
- Григорьев Ю.Г., Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2017; (2): 39–46.
- Шафиев Ш.И., Исомитдинов А., Одинаев Ш.Ф., Рачабзода М.Э., Файзуллоев Х.Т. О ранних проявлениях отрицательного влияния электромагнитного излучения на организм человека. *Здравоохранение Таджикистана*. 2018; (2): 52–8.
- Иванов С.Д., Кошелевский В.К., Беспалов В.Г. Канцерогенное действие неионизирующих излучений окружающей среды. *Успехи современной биологии*. 2019; (5): 466–86. <https://doi.org/10.1134/S0042132419050053>
- Улащик В.С. Рецепторы кожи и лечебные физические факторы. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2017; (5): 48–57. <https://doi.org/10.17116/kurort201794548-57>
- Чубаров С.И., Чубарова А.С., Козел Р.Н., Козел Н.Р. Современные средства мобильной связи и их влияние на здоровье детей и подростков. *Вестн БДПУ*. 2019; (2): 10–6.

References

1. Grinevich Yu.A., Ketrar' M.V. Analysis of the state and trends in the Russian Mobile market. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. 2018; 2(5): 177–80. (in Russian)
2. Bedirkhanova S.R. Analysis and assessment of the state and trends in the development of the Russian cellular market (2018–2019). In: *Science Today: Challenges and Solutions. Materials of the international scientific and practical conference [Nauka segodnya: Vyzovy i resheniya. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Vologda; 2019: 41–4. (in Russian)
3. Borodin A.S., Kucheryavyy A.E. Fifth generation networks as a base to the digital economy. *Elektrosvyaz'*. 2017; (5): 45–9. (in Russian)
4. Maslov M.Yu., Spodobaev Yu.M., Spodobaev M.Yu. Electromagnetic safety: critical features of 5G networks. *Elektrosvyaz'*. 2019; (4): 53–8. (in Russian)
5. Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Dubrovskaya E.N., Plekhanov V.P. Special features of the architecture of 5G networks. Probabilistic forecasting of the impact of electromagnetic fields of radio frequencies on the population (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 792–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-792-796> (in Russian)
6. Digital-2021 Russia: mobile facts. Available at: <https://www.byd.me/ru/blog/2021/06/digital-2021/> (in Russian)
7. Zubarev Yu.B. *Cell Phone and Health [Mobil'nyy telefon i zdorov'e]*. Moscow; 2001. (in Russian)
8. ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). Health Physics. Available at: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>
9. Iyare R.N., Volskiy V., Vandenbosch G.A.E. Study of electromagnetic exposure from mobile phones in a city like environment: the case study of Leuven, Belgium. *Environ. Res.* 2019; 175: 402–13. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.029>
10. Iyare R.N., Volskiy V., Vandenbosch G.A.E. Comparison of peak electromagnetic exposures from mobile phones operational in either data mode or voice mode. *Environ. Res.* 2021; 197: 110902. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110902>
11. Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Bogacheva E.V., Belaya O.V. Correction of the principles of control of electromagnetic radiation of wearable means of communication in the near zone of the source. In: *Man and Electromagnetic Fields. Materials of the IV International Conference [Chelovek i elektromagnitnye polya. Materialy IV Mezhdunarodnoy konferentsii.]*. Sarov; 2013. (in Russian)
12. Vtornikova N.I., Babalyan A.V., Karelin A.O., Ivanov V.A. Evaluation of emf exposure of mobile phones on human head. *Uchenye zapiski SPbGMU im. akad. I.P. Pavlova*. 2017; 24(4): 75–81. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2017-24-4-75-81> (in Russian)
13. Vyatleva O.A., Kurganskiy A.M. Mobile phones and health of children 6–10 years: importance of time modes and the radiation intensity. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2017; (8): 27–30. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-293-8-27-30> (in Russian)
14. Vyatleva O.A., Kurganskiy A.M. Features of using of mobile communication (intensity of radiation, temporary modes) and their influence on the health of modern younger schoolchildren. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2018; (8): 51–4. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-305-8-51-54> (in Russian)
15. Grigorev Yu.G. Cellular communication and electromagnetic health hazards of the population. Modern risk assessment - from electromagnetic smog to electromagnetic chaos. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2019; (2): 88–95. <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2019-16347> (in Russian)
16. Grigorev Yu.G., Samoylov A.S., Bushmanov A.Yu., Khorseva N.I. Cellular connection and the health of children - problem of the third millennium. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2017; (2): 39–46. (in Russian)
17. Shafiev Sh.I., Isomitdinov A., Odinaev Sh.F., Rachabzoda M.E., Fayzuloev Kh.T. Early manifestations of the negative effect of electromagnetic radiation on the human body. *Zdravookhranenie Tadjikistana*. 2018; (2): 52–8. (in Tajikistan)
18. Ivanov S.D., Koshelevskiy V.K., Bespalov V.G. Carcinogenic effect of environmental non-ionizing radiation. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2019; (5): 466–86. <https://doi.org/10.1134/S0042132419050053> (in Russian)
19. Carlberg M., Hardell L. Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation. *Biomed. Res. Int.* 2017; 2017: 9218486. <https://doi.org/10.1155/2017/9218486>
20. Ulashchik V.S. Skin receptors and therapeutic physical factors. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*. 2017; (5): 48–57. <https://doi.org/10.17116/kurort201794548-57> (in Russian)
21. Chubarov S.I., Chubarova A.S., Kozel R.N., Kozel N.R. Modern mobile means of communication and their influence on health of children and adolescents. *Vesti BDPU*. 2019; 2(3): 10–6. (in Belarus)