

Оригинальные работы / Original papers

© Коллектив авторов, 2017
УДК [338.242.004.3:537.872]:611.9

Н. И. Вторникова, А. В. Бабалян*, А. О. Карелин, В. А. Иванов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ГОЛОВУ ЧЕЛОВЕКА

Резюме

Введение. В настоящее время мобильные телефоны (МТ) повсеместно распространены, при этом все большую популярность приобретают смартфоны. Многочисленные исследования указывают на отрицательное влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) этих аппаратов на человека. Поэтому актуальным является всестороннее изучение особенностей их воздействия на орган-мишень — головной мозг. Для решения этой задачи важное значение имеет установление реальной картины распределения плотности потока энергии (ППЭ) ЭМИ вблизи передней панели аппаратов.

Цель — оценка ППЭ и распределения электромагнитного излучения смартфонов и классических мобильных телефонов, направленного на головной мозг.

Материал и методы. Исследование проводилось по оригинальной методике, подтвержденной патентом РФ. Используемый измерительный стенд, также запатентованный, разработан и собран авторами исследования. Объектом исследования стали классические мобильные телефоны и распространенные на момент проведения работы смартфоны.

Результаты исследования. Получены графические отображения матриц распределения плотности потока энергии ЭМИ в плоскости перед передней панелью 10 аппаратов, соответствующей топографии головы человека. Выявлены особенности данного распределения у смартфонов и классических МТ, а также получены значения плотности потока энергии ЭМИ исследуемых аппаратов, воздействующие преимущественно на головной мозг.

Выводы. Конструкция смартфонов и МТ определяет общую картину распределения ППЭ ЭМИ в плоскости перед передней панелью для аппаратов конкретного типа. Эту картину необходимо учитывать при планировании эпидемиологических и экспериментальных исследований для получения сопоставимых результатов. Прогресс в развитии технологий мобильной связи привел к увеличению электромагнитной нагрузки на пользователей аппаратов современной конструкции.

Ключевые слова: мобильный телефон, смартфон, электромагнитное излучение, головной мозг, интенсивность, распределение

Вторникова Н. И., Бабалян А. В., Карелин А. О., Иванов В. А. Оценка интенсивности электромагнитного излучения мобильных телефонов, воздействующего на голову человека. Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. 2017; 24 (4): 75–81. DOI: 10.24884/1607-4181-2017-24-4-75-81.

* Автор для связи: Арутюн Варданович Бабалян, ФГБОУ ВО «СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова» Минздрава России, ул. Льва Толстого, д. 6-8, Санкт-Петербург, Россия, 197022. E-mail: rutysq@gmail.com.

© Composite authors, 2017
UDC [338.242.004.3:537.872]:611.9

N. I. Vtornikova, A. V. Babalyan*, A. O. Karelin, V. A. Ivanov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Academician I. P. Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

EVALUATION OF EMF EXPOSURE OF MOBILE PHONES ON HUMAN HEAD

Abstract

Introduction. Mobile phones are worldwide spread nowadays. Smartphones penetration is growing year after year. Numerous studies indicate the negative effect of EMF exposure of these devices on humans. Therefore, it is important to study the peculiarities of their influence on the target organ—the brain. It is important for solving this problem to find out the real situation of the distribution of energy flux density (EFD) of EMF exposure near the front panel of the apparatus.

The **aim** of the study is to determine and compare EMF exposure from smartphones and classic mobile phones on human head.

Material and methods. The original method patented in the Russian Federation was used in this study. The used original measuring setup is also patented, developed and assembled by the authors of the study. The object of the study was classical mobile phones and smartphones widespread at the time of work.

Results. We got the graphic of matrices of distribution of energy flux density (EFD) of EMF exposure in the plane against the front panel of 10 apparatus corresponding to the topography of a human head. The study revealed peculiarities of this distribution in smartphones and the classic mobile phones and got the values of energy flux density (EFD) of EMF exposure in the investigated devices acting primarily on the brain.

Conclusions. The design of smartphones and mobile phones determines the overall picture of distribution of EFD of EMF exposure in the plane against the front panel for devices of a particular type. This picture must be taken into account when planning epidemiological

and experimental studies to obtain comparable results. Progress in the development of mobile communication technologies has led to an increase in the electromagnetic load on users of modern devices.

Keywords: mobile phone, smartphone, EMF exposure, human head intensity, distribution

Vtornikova N. I., Babalyan A. V., Karelin A. O., Ivanov V. A. EMF Exposure of Mobile Phone on Human Head Evaluation. The Scientific Notes of IPP-SPSMU. 2017;24(4):75–81. (In Russ.). DOI: 10.24884/1607-4181-2017-24-4-75-81.

* **Corresponding author:** Arutyun V. Babalyan, FSBEI HE I. P. Pavlov SpbSMU MOH Russia, 6-8 L'va Tolstogo street, Saint-Petersburg, Russia, 197022. E-mail: rutysq@gmail.com.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время человека окружает множество устройств беспроводной связи. К ним относятся как объекты инфраструктуры различных сетей (базовые станции), так и оборудование, находящееся в пользовании у абонентов данных сетей (мобильные телефоны). Первые оказывают общее воздействие на организм, которое строго регламентировано законодательством, в то время как второе, являясь абонентским, находится у пользователей «на руках», вблизи тела. Их воздействие, кроме общего, имеет локальный компонент и зависит от режима и интенсивности использования. Основным органом-мишенью электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИРЧД) от мобильного телефона (МТ) является головной мозг. Существующие нормативы предупреждают наличие органических изменений в ткани мозга, вызванных тепловым воздействием, однако не исключают нетепловых эффектов излучения [1–4].

В Российской Федерации, согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 [5], нормативным значением плотности потока энергии (ППЭ) вблизи передней панели МТ является 100 мкВт/см². Измерения ППЭ от МТ предписано проводить согласно методике, изложенной МУК 4.3.1676-03 [6]. Однако эта методика имеет ряд ограничений, так как требует проводить контроль соблюдения норматива путем измерения ППЭ ЭМИ на расстоянии 0,37 м от МТ с контролируемым значением 3 мкВт/см². Это связано с тем, что на расстоянии менее 0,37 м, исходя из параметров длины волны используемых для мобильной связи частот излучения, МТ не является точечным излучателем, поэтому проявляется влияние взаиморасположения антенны измерителя и антенны МТ (из-за различного расположения антенн в различных МТ) на результат измерения. Согласно МУК, превышение уровня ППЭ 3 мкВт/см² на расстоянии 0,37 м гарантирует соблюдение норматива в 100 мкВт/см² вблизи от МТ, но все данные по уровням излучения в зоне ближе 0,37 м являются расчетными. Таким образом, существующую методику нельзя использовать для получения реальных значений ППЭ вблизи разных МТ, следовательно, она не дает возможности сравнивать различные конструкции МТ между собой по их возможному воздействию на головной мозг. Это может скрывать дополнительные факторы, которые затрудняют изучение и корректную оценку рассматриваемого фактора риска в рамках предупреждения развития нетепловых эффектов.

В основу нормирования на Западе положена оценка только тепловых эффектов ЭМИ РЧД. Нормируемым параметром является удельная поглощенная мощность SAR (Specific Adsorption Rate), согласно ICNIRP, она не должна превышать 2 Вт/кг (рекомендованное ассоциацией производителей оборудования для сотовой связи (СТИА) значение составляет 1,6 Вт/кг). На основании собственного анализа накопленных научных данных, многие официальные, правительственные и общественные организации в своих публикациях и обращениях указывают на необходимость пересмотра стандартов [7, 8]. Нормативы гарантируют лишь отсутствие повреждения из-за нагрева при эксплуатации беспроводного устройства.

Таким образом, для оценки ЭМИ РЧД от смартфонов существует необходимость получения реальных значений ППЭ ЭМИ в непосредственной близости от передней панели устройств и их распределения с учетом топографии головы человека.

Цель исследования – оценка ППЭ и распределения электромагнитного излучения смартфонов и классических мобильных телефонов, направленного на головной мозг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели была разработана методика, позволяющая снять ограничение существующего способа путем измерения ППЭ вблизи от передней панели МТ при всех возможных расположениях антенны измерителя и антенны МТ по отношению друг к другу и получить достоверные значения ППЭ ЭМИ конкретного мобильного телефона. Полученные значения формируют матрицу распределения плотности потока энергии электромагнитного излучения от мобильного телефона, воздействующего на пользователя в условиях, соответствующих его реальной эксплуатации. Методика получила патент на изобретение № 2626049 [9]. Новизна методики заключается в том, что выявляется, фиксируется значениями интенсивности и представляется графически неравномерность распределения ППЭ от МТ, обусловленная особенностями конструкции конкретного аппарата, в плоскости его передней панели.

Для проведения измерений по данной методике был изготовлен измерительный стенд. Он представлял устойчивое основание с двумя штативами, для МТ и измерительного прибора ПЗ-41 («Измеритель уровней электромагнитных излу-

ний ПЗ-41» с антенной-преобразователем «АП-1»), который внесен в список рекомендованных для измерений по МУК 4.3.1676-03. Штатив для МТ был закреплен неподвижно, на данном штативе был смонтирован держатель для МТ, позволяющий установить необходимый угол наклона в плоскости передней панели МТ. Данное устройство получило патент на полезную модель № 163671 [10].

Практическая значимость способа состоит в том, что полученную картину распределения ППЭ в плоскости перед передней панелью МТ можно сопоставить с конкретной анатомической областью. Для этого размер поля измерения подбирается под геометрические размеры исследуемой анатомической области. Эксплуатация МТ в режимах с наибольшим уровнем излучения (набор номера) и наибольшей продолжительностью излучения (разговор) предполагает его нахождение непосредственно у головы пользователя. Следовательно, голова является наиболее значимой с точки зрения воздействия ЭМИ МТ анатомической областью. Методика позволяет производить измерения на любом расстоянии, меньшем 0,37 м. Для головы это расстояние нецелесообразно было устанавливать большим половины ее ширины (расстояние между козелковыми точками, которое у 99 % людей не превышает 15,9 см [11]), т. е. больше 0,08 м. При этом данное расстояние измеряется от передней панели МТ до геометрического центра антенны измерителя. Так как антенна использованного измерителя имеет корпус диаметром 0,06 м, то фактическое расстояние от МТ до корпуса антенны измерителя составит максимум 0,05 м. Для данного исследования мы производили измерения на расстоянии 0,035 м.

Объектами исследования стали 5 наиболее популярных на момент проведения измерений мобильных телефонов типа «смартфон»: Apple iPhone 3Gs, 4, 4s, 5, Nokia N8. И 5 различных МТ классической компоновки (современных и устаревших): Philips x2301, Motorola L2, Nokia 7250i, 1100, 1280. При этом следует учитывать, что более современные смартфоны Apple iPhone 5c, 5s, SE являются конструктивными аналогами 5-й модели, их компоновка одинакова, поэтому полученные на 5-й модели результаты являются актуальными и для этих моделей.

Полученные матрицы распределения ППЭ ЭМИ исследованных аппаратов были соотнесены со схемой черепно-мозговой топографии головы человека, путем совмещения области расположения динамика МТ на матрице с обозначением наружного слухового прохода на схеме. Данная обработка позволила определить отделы мозга, получающие наибольшую дозу излучения от различных типов МТ, и графически отобразить точки (нумерация точек начинается с левой нижней точки и заканчивается правой верхней точкой), которые, согласно схеме черепно-мозговой топографии, соответствовали мозговому черепу. Усредняя

значения в этих специально отобранных точках, можно получить скорректированный уровень ППЭ, характеризующий воздействие на головной мозг ЭМИ МТ в режимах набора и разговора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В общей сложности было проведено более 2400 измерений ППЭ ЭМИ каждого МТ. Каждое значение в точке – это данные, полученные 10 измерениями в каждой точке трижды в разные дни, т. е. усреднение 30 показаний прибора ПЗ-41. В рамках патентования метода было показано, что уровень значимости соответствует доказательному и различия между точками достоверны ($p < 0,01$ при различии уровней ППЭ более чем на 1 мкВт/см^2). Результаты получены в виде матриц распределения ППЭ для каждого из режимов работы аппарата, но на изображениях представлены матрицы, наложенные на схему черепно-мозговой топографии, в режиме наибольшего излучения – режиме набора номера. Таким образом достигается визуализация существующей неравномерности распределения плотности потока энергии в плоскости перед передней панелью МТ.

Результат оценки излучения МТ Philips x2301. У данного аппарата классической компоновки антенна расположена в нижней части корпуса на задней панели, однако точки с относительно более высокими значениями ППЭ не соответствуют расположению антенны. Это объясняется особенностями взаиморасположения различных по радиопроницаемости деталей данного МТ. Наиболее радиопроницаемыми компонентами МТ являются экран и аккумулятор. Относительно более высокие значения ППЭ наблюдаются в точках 9 и 13. У данного аппарата они как раз соответствуют проекции антенны, проходящей через экран устройства, а точка 14 с относительно меньшим значением – проекции через разговорный динамик, который менее проницаем для ЭМИ.

На рис. 1 показан результат наложения на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека. Видно, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют височной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку, при том что лобная и теменная доли относительно интактны. Таким образом, благодаря предложенной методике, стало возможным установить не только уровень ППЭ в ближней зоне головы пользователя, но и уточнить значение ППЭ непосредственно для проекции мозга. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ для данного аппарата составил $7,16 \pm 1,97 \text{ мкВт/см}^2$.

Результат оценки излучения МТ Motorola L2. У данного МТ антенна также располагается в ниж-

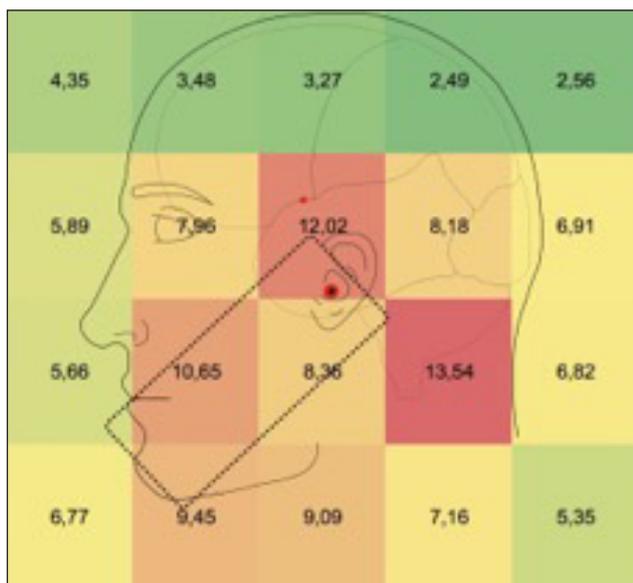


Рис. 1. Матрица распределения ППЭ ЭМИ от МТ Philips x2301 в режиме набора номера, соотнесенная со схемой черепно-мозговой топографии головы человека
Fig. 1. EMF intensity distribution matrix in dial mode for Philips x2301 combined with human brain topography scheme

ней части корпуса. Однако, в отличие от аппарата x2301, у L2 точки с относительно более высокими значениями ППЭ соответствуют расположению антенны. Это связано с меньшим размером экрана и отсутствием в нижней части корпуса экранирующих антенну компонентов. При сопоставлении матрицы распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера со схемой черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лобной доли, височной доли, проекции гипофиза и стволу мозга. При этом точки с наиболее высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому черепу. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $9,21 \pm 1,11$ мкВт/см².

Результат оценки излучения МТ Nokia 7250i. Антенна данного МТ располагается в верхней части корпуса на задней панели и в целом соответствует точкам с относительно более высокими значениями ППЭ. Это объясняется тем, что напротив и несколько ниже антенны располагается радиопрозрачный экран. По этой же причине значения ППЭ в точках 9, 13 и 14 ниже, чем в точках 2, 3 и 7. Последние точки находятся в проекции антенны, проходящей сквозь экран аппарата, а первые — сквозь разговорный динамик с металлическим основанием.

При наложении на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соот-

ветствуют лицевому отделу головы, височной доли, стволу мозга и мозжечку. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $1,65 \pm 0,30$ мкВт/см².

Результат оценки излучения МТ Nokia 1100. Данный аппарат схож по конструкции с 7250i (верхнее расположение антенны, размеры корпуса, размеры и положение аккумулятора и разговорного динамика), поэтому наблюдалось сходство матрицы. Однако конструкции не идентичны, поэтому точки с наиболее высокими значениями ППЭ не могут совпадать полностью. При сопоставлении матрицы распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера со схемой черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому отделу головы, височной доли, стволу мозга и мозжечку. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $2,80 \pm 0,43$ мкВт/см².

Результат оценки излучения МТ Nokia 1280. Данный аппарат имеет нижнее расположение антенны, однако точки с относительно более высокими значениями ППЭ не соответствуют такому ее расположению. Это объясняется тем, что напротив антенны располагается клавиатура, смонтированная на отдельном основании, которое частично экранирует сигнал. Точки с относительно более высокими значениями соответствуют проекции антенны через более радиопрозрачный экран — это точки 7 и 8. Похожее значение наблюдается и в точке 1, которая соответствует проекции антенны, проходящей ниже клавиатуры аппарата. При наложении на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лобной доли, височной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $2,78 \pm 0,55$ мкВт/см².

Результат оценки излучения от смартфона Nokia N8. Антенна данного МТ расположена в нижней части корпуса на задней панели. Точки с относительно более высокими значениями ППЭ (7, 8, 9, 12 и 13) соответствуют проекциям антенны через экран устройства, занимающий почти всю площадь передней панели. Напротив антенны находится некоторое количество экранирующих компонентов, что и определяет более низкие значения в точках 1, 2 и 6. При наложении на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому отделу головы, лобной доли, височной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку. Фактически

нет такого отдела головного мозга, который бы находился в электромагнитной «тени». Корректированный уровень ППЭ ЭМИ – $7,87 \pm 0,77$ мкВт/см².

Результат оценки излучения от смартфона Apple iPhone 3Gs. Антенна этого МТ так же, как и у Nokia N8, расположена в нижней части корпуса ближе к задней его панели. Схожее расположение основных элементов конструкции определяет похожую картину распределения ППЭ ЭМИ. При сопоставлении матрицы распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера со схемой черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому отделу головы, лобной доли, височной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку. Только теменная доля остается в электромагнитной «тени». Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $7,84 \pm 1,29$ мкВт/см².

Результат оценки излучения от смартфона Apple iPhone 4. Конструкция аппарата практически идентична двум предыдущим, что вновь определило сходство матриц распределения данных аппаратов. Важным отличием является явная асимметрия в точках 4, 9 (2,80 и 8,81 мкВт/см² соответственно) и 12, 13 (10,24 и 11,63 мкВт/см² соответственно) – в последних значения ППЭ ЭМИ, соответственно, выше, чем в первых. Это может объясняться асимметрией расположения аккумулятора и материнской платы устройства за экраном, данные компоненты имеют разную радиопроницаемость. Такой особенности нет в конструкции аппаратов 3Gs и N8. На рис. 2 показан результат наложения на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека. Видно, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому отделу головы, лобной доли, височной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку. Интактных отделов мозга нет. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ составил $8,03 \pm 1,04$ мкВт/см².

Результат оценки излучения от смартфона Apple iPhone 4s. Конструкция данного МТ практически полностью повторяет предыдущую модель. Однако в данном аппарате, по заявлению производителя, была изменена конфигурация самой антенны. Это может быть причиной изменения точки с наиболее высоким значением ППЭ по матрице с 13-й, как было у аппарата iPhone 4 (значение $11,63$ мкВт/см²), на точку 8 (значение $11,27$ мкВт/см²). В точке 13 у данной модели значение ППЭ – $8,52$ мкВт/см². При наложении на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно более высокими значениями ППЭ топографически соответствуют лицевому отделу

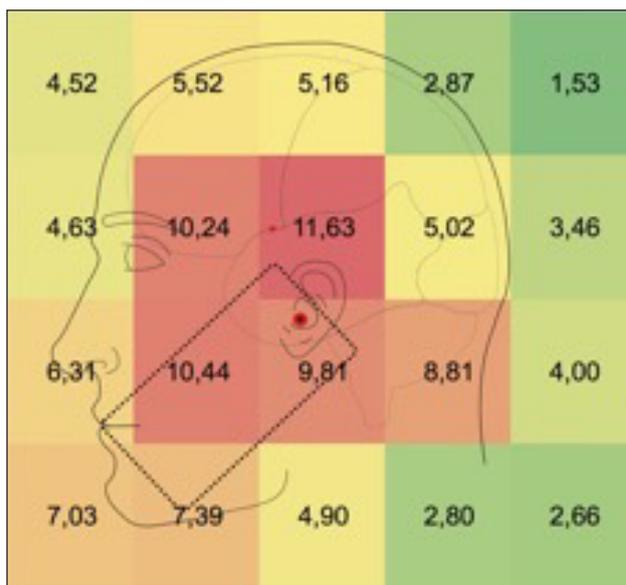


Рис. 2. Матрица распределения ППЭ ЭМИ от МТ iPhone 4 в режиме набора номера, соотнесенная со схемой черепно-мозговой топографии головы человека

Fig. 2. EMF intensity distribution matrix in dial mode for iPhone 4 combined with human brain topography scheme

головы, лобной доли, височной доли, затылочной доли, проекции гипофиза и стволу мозга. Отделов головного мозга, находящихся в электромагнитной «тени», также не наблюдается. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ – $7,90 \pm 0,86$ мкВт/см².

Результат оценки излучения от смартфона Apple iPhone 5. Конструкция данного МТ не имеет принципиальных отличий от четырех рассмотренных выше аппаратов. Однако присутствовало некоторое отличие матрицы у данной модели от тех, что были описаны ранее. На первый взгляд, матрицы не совпадают. При детальном их рассмотрении было отмечено, что относительно более высокие значения распределяются в той же закономерности, но произошел «сдвиг» распределения на одну точку вправо. Это объясняется тем, что данный аппарат имеет корпус длиннее на 1,1 см. Учитывая расположение под углом и изменившуюся длину, можно сказать, что картина распределения ППЭ ЭМИ типична для остальных измеренных смартфонов. При наложении на матрицу распределения ППЭ ЭМИ данного телефона в режиме набора номера схемы черепно-мозговой топографии головы человека выявлено, что точки с относительно высокими значениями ППЭ топографически соответствуют височной доли, затылочной доли, проекции гипофиза, стволу мозга и мозжечку. Точка с максимальным значением ППЭ ($14,32$ мкВт/см²) топографически соответствует телу нижней челюсти. Корректированный уровень ППЭ ЭМИ – $6,55 \pm 1,18$ мкВт/см².

Обращает на себя внимание, что у четырех смартфонов (Nokia N8, Apple iPhone 3Gs, 4 и 4s)

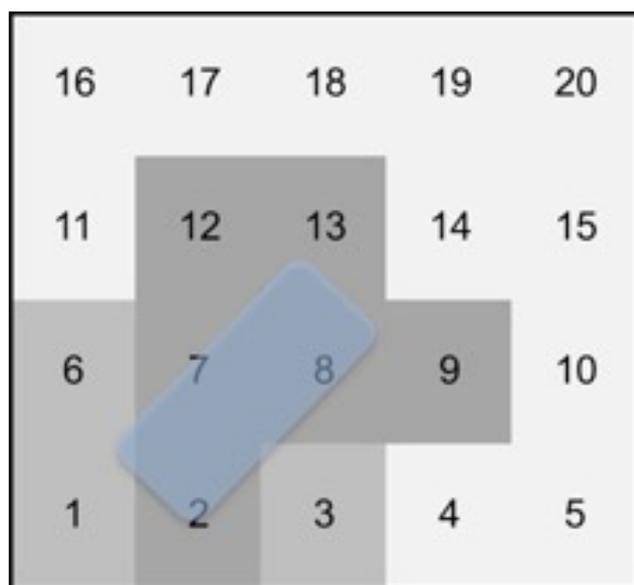


Рис. 3. Характерная картина распределения ППЭ ЭМИ смартфонов и нумерация точек на матрице
 Fig. 3. Common EMF intensity distribution of smartphones and points numeration template

матрицы имеют явные сходства: в точках, выделенных на рис. 3, матрицы практически идентичны (на рис. 3 также показана нумерация точек). У последнего аппарата, Apple iPhone 5, эти точки просто «сдвинуты» на одну вправо. Обуславливают эту особенность нижнее расположение антенны у всех измеренных смартфонов и наличие большого дисплея, занимающего значительную площадь передней панели. Это наиболее распространенная компоновка для аппаратов такого типа. Радиопроницаемый дисплей «пропускает» излучение по направлению от антенны к проекции ствола головного мозга, мозжечка, промежуточного мозга, височной и лобной долей коры больших полушарий. У обычных аппаратов дисплей значительно меньше, часть передней панели занимает клавиатура, которая обычно монтируется на отдельном основании, особенности конструкции которого и обуславливают иное распределение ППЭ.

Корректированные значения ППЭ от МТ различной конструкции на расстоянии 35 мм от их передних панелей, мкВт/см²

Refined EMF intensity values for different mobile phones types measured 35 mm away from devices front panel, mcW/cm²

МТ классической конструкции		Смартфоны	
модель	значение	модель	значение
x2301	7,16±1,97	N8	7,87±0,77
L2	9,21±1,11	3Gs	7,84±1,29
7250i	1,65±0,30	4	8,03±1,04
1100	2,80±0,43	4s	7,90±0,86
1280	2,78±0,55	5	6,55±1,18

В таблице приведены скорректированные значения ППЭ ЭМИ от МТ различной конструкции от их передних панелей. Обращает на себя внимание, что все исследованные смартфоны показали похожие значения в зоне измерения, что обусловлено схожестью их конструкции. Классические аппараты, напротив, имели значительные отличия друг от друга. В частности, три наиболее устаревших МТ Nokia показали наиболее низкие значения ППЭ ЭМИ. Старый аппарат от Motorola (модель L2) имел сопоставимый со смартфонами результат, как и современный аппарат классической конструкции (Philips x2301). Принципиальное различие конструкций аппаратов Nokia, которые показали минимальные значения, заключается в расположении антенны вверху корпуса аппарата. Такое расположение не предполагает закрытие антенны рукой, что обычно приводит к увеличению мощности излучаемого сигнала, и не дает столь значительного распространения излучения на головной мозг, как у аппаратов с нижним расположением антенны. Следовательно, при прочих равных условиях (длительность и количество вызовов за день) пользователи смартфонов и, наиболее вероятно, многих классических аппаратов с нижним расположением антенны будут иметь большую электромагнитную нагрузку. При этом преимущественно данная нагрузка у пользователей смартфонов будет приходиться на головной мозг.

Установленная неравномерность распределения ППЭ ЭМИ МТ от различных аппаратов мобильной связи, визуализированная в виде матрицы распределения ППЭ, возможно, является причиной, по которой экспериментальные и эпидемиологические исследования воздействия МТ на здоровье, включая воздействие на субъективные жалобы и когнитивные функции, имеют низкую повторяемость результатов. При использовании различных МТ возникают существенные отличия не только по общей интенсивности воздействия ЭМИ на головной мозг, но и по топографии точек с относительно более высокими значениями ППЭ.

ВЫВОДЫ

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы.

1. Плотность потока энергии ЭМИ от МТ неравномерна в плоскости перед передней панелью устройства. Картина распределения ППЭ ЭМИ зависит от типа конструкции и особенностей конкретного аппарата.

2. Смартфоны более однородны по воздействию их ЭМИ на головной мозг, следовательно, целесообразно использовать их пользователей как объект эпидемиологических и экспериментальных исследований. Их излучение затрагивает большую часть отделов головного мозга.

3. Прогресс в конструкции МТ привел к увеличению электромагнитной нагрузки на пользователей современных аппаратов.

4. Получение реальных значений ППЭ ЭМИ для каждого исследованного аппарата и сопоставление его матрицы распределения со схемой черепно-мозговой топографии расширяют представление об изучаемом факторе риска, дают возможность сравнения различных МТ между собой.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов.

Conflicts of interest

Authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Ю. Г. Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы к оценке риска (анализ современных отечественных и зарубежных данных) // Гигиена и санитария. – 2014. – № 3. – С. 11 – 16.

2. Гудина М. В., Волкотруб Л. П. Сотовая связь: гигиеническая характеристика, биологическое действие, нормирование (обзор) // Гигиена и санитария. – 2010. – № 4. – С. 38 – 42.

3. Каляга Т. В. Эволюция техногенной электромагнитной обстановки и обеспечение безопасности человека (ретроспективный обзор) // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 1. – С. 2 – 8.

4. Каляга Т. В. Нерешенные проблемы регламентации электромагнитного фактора риска для здоровья населения // Материалы XI Всеросс. съезда гигиенистов и санитар. врачей. Т. 1. – М., 2012. – С. 484 – 486.

5. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи».

6. МУК 4.3.1676-03 «Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи».

7. US Government Accountability Office, 2012. Telecommunications: Exposure and Testing Requirements for Mobile Phones Should Be Reassessed. GAO - 12 - 771.

8. IEGMP – Stewart Report, 2000. United Kingdom Independent Expert Group on Mobile Phones, Health Protection Agency.

9. Изобретения. Полезные модели // Официальный бюл. Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент). – М.: ФИПС, 2017. – № 21.

10. Изобретения. Полезные модели // Официальный бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент). – М.: ФИПС, 2016. – № 21.

11. Static adult human physical characteristics of the adult head, from pages 72 – 75 of Poston, Alan. (April 2000) Department of Defense Human Factors Engineering Technical Advisory Group (DOD HFE TAG). Human Engineering Design Data Digest. Accessed June 24, 2008.

REFERENCES

1. Grigor'ev Ju. G., Principial'no novoe jelektromagnitnoe zagrjaznenie okruzhajushhej sredy i otsutstvie adekvatnoj normativnoj bazy k ocenke riska (analiz sovremennyh otechestvennyh i zarubezhnyh dannyh) // Gigiena i sanitarija. 2014. №3. S.11-16.

2. Gudina M.V., Volkotrub L.P. Sotovaja svjaz': gigienicheskaja harakteristika, biologicheskoe dejstvie, normirovanie (obzor). Gigiena i Sanitarija – 2010 - №4 – 38-42.

3. Kaljada T.V., Jevoljucija tehnogennoj jelektromagnitnoj obstanovki i obespechenie bezopasnosti cheloveka (retrospektivnyj obzor). Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, - 2011 – 1 – S. 2-8.

4. Kaljada T.V., Nereshennye problemy reglamentacii jelektromagnitnogo faktora riska dlja zdorov'ja naselenija. // Materialy XI Vserossijskogo s# ezda gigienistov i sanitarnyh vrachej. T.1. M. 2012. Str. 484-486.

5. SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Gigienicheskie trebovanija k razmeshheniju i jekspluatacii sredstv suhoputnoj podvizhnoj radiosvjazi».

6. MUK 4.3.1676-03 «Gigienicheskaja ocenka jelektromagnitnyh polej, sozdavaemyh radiostancijami suhoputnoj podvizhnoj svjazi, vkljuchaja abonentskie terminaly sputnikovoj svjazi».

7. US Government Accountability Office, 2012. Telecommunications: Exposure and Testing Requirements for Mobile Phones Should Be Reassessed. GAO - 12 - 771.

8. IEGMP - Stewart Report, 2000. United Kingdom Independent Expert Group on Mobile Phones, Health Protection Agency.

9. Izobretenija. Poleznye modeli. // Oficial'nyj bjulleten' federal'noj sluzhby po intellektual'noj sobstvennosti (Rospatent) – Moskva: FIPS, 2017 - №21.

10. Izobretenija. Poleznye modeli. // Oficial'nyj bjulleten' federal'noj sluzhby po intellektual'noj sobstvennosti (Rospatent) – Moskva: FIPS, 2016 - №21.

11. Static adult human physical characteristics of the adult head, from pages 72-75 of Poston, Alan. (April 2000) Department of Defense Human Factors Engineering Technical Advisory Group (DOD HFE TAG). Human Engineering Design Data Digest. Accessed June 24, 2008.

Дата поступления статьи 18.10.2017

Дата публикации статьи 21.12.2017