

**ПУТИ ГАРМОНИЗАЦИИ ГИГИЕНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ
И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ,
СОЗДАВАЕМЫХ СРЕДСТВАМИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ**

© 2012 И.В. Бухтияров, Н.Б. Рубцова, С.Ю. Перов, Е.В. Богачева, Ю.П. Пальцев
Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН

Поступила в редакцию 03.10.2012

Кратко представлен анализ состояния вопроса и перспективы гармонизации отечественных принципов гигиенического нормирования и оценки электромагнитных полей, создаваемых аппаратами подвижной радиосвязи. Показаны перспективы гармонизация принципов нормирования с учетом удельной поглощенной мощности.

Ключевые слова: *электромагнитное излучение, удельная поглощенная мощность, гигиенические нормативы, международная гармонизация*

Проблема обеспечения электромагнитной безопасности работающих и населения представляет все большую актуальность в связи с возрастающим электромагнитным загрязнением производственной и окружающей среды и повышением в связи с этим риска потери здоровья. Для решения вопросов электромагнитной безопасности человека и окружающей среды усилия специалистов разных государств объединены в рамках международных организаций – Всемирной организации здравоохранения (WHO), Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP), Европейского комитета электротехнической стандартизации (CENELEC) и Международной организации труда (МОТ), которые разрабатывают международные программы и руководства по электромагнитной безопасности. Вместе с тем, большинство развитых стран имеют национальные регламенты ЭМП, которые в ряде случаев существенно отличаются от международных рекомендаций. Основной причиной отечественных нормативов от регламентов ICNIRP и CENELEC, наряду с несовпадением подходов к установлению порога вредного действия фактора, являются также

также отличия в критериях оценки: «basic restriction» (основные ограничения), «reference levels» (контролируемые уровни) в зарубежных регламентах и оценка энергии падающего излучения, в том числе с учетом времени воздействия – в отечественных. Вместе с тем в последнее десятилетие за рубежом наметилась тенденция к ужесточению ПДУ техногенных ЭМП в связи с международной оценкой отдельных частотных диапазонов и режимов генерации ЭМП как потенциально опасных.

В настоящее время число пользователей мобильных телефонов достигло сотен миллионов человек, которые ежедневно подвергаются воздействию модулированных электромагнитных излучений (ЭМИ) с несущими частотами 450, 900 и 1800 МГц, являющимися одними из наиболее биологически активных. В ряде публикаций приводятся данные о том, что лица, регулярно пользующиеся сотовыми телефонами, предъявляют жалобы на головные боли, головокружение, повышенную утомляемость, уменьшение способности к концентрации внимания, нарушение сна. Это указывает на то, что в определенных случаях действие ЭМП сотового телефона вызывает реакции, выходящие за рамки адаптивного ответа организма. В настоящее время накоплены данные об изменении функциональной активности головного мозга, о нарушении проницаемости гематоэнцефалического барьера. Проведенные в ФГБУ «НИИ МТ» РАМН обследования лиц, профессионально связанных с воздействием модулированных ЭМП, создаваемых средствами сотовой связи, выявили ярко выраженные признаки межполушарной асимметрии, пароксизмальные изменения биоэлектрической активности височных отделов

Бухтияров Игорь Валентинович, доктор медицинских наук, профессор, директор

Рубцова Нина Борисовна, доктор биологических наук, профессор, заведующая научно-организационным отделом. E-mail: rubtsovanb@yandex.ru

Перов Сергей Юрьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Богачева Елена Васильевна, младший научный сотрудник

Пальцев Юрий Петрович, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник

полушарий головного мозга в виде локальных эпиформ ЭЭГ, «височного альфа-ритма», групп асимметричного гиппокампального тета-ритма, а также нарушение когнитивных процессов. Выявленные изменения являются наиболее ранними специфическими признаками неблагоприятного влияния модулированных ЭМП на процессы высшей нервной деятельности. Экспериментальные исследования на животных подтвердили возможность неблагоприятного влияния модулированных ЭМП на центральную нервную систему по показателям свободного поведения и морфологии мозга. Кроме того, Международное агентство по исследованию рака (МАИР) в мае 2011 г. отнесло ЭМП, создаваемые аппаратами сотовой связи, к категории «2b» – потенциальных канцерогенов по рискам развития глиом у пользователей при длительной эксплуатации мобильных телефонов (более 10 лет).

Особую настороженность вызывают данные о возникновении поведенческих проблем у детей, подвергавшихся воздействию ЭМИ сотовых телефонов в пре- и постнатальный периоды развития. Отечественными исследователями получены данные о развитии у детей – пользователей аппаратами сотовой связи, фонематической глухоты. До появления этих средств связи данный диапазон частот активно использовался в телерадиовещании, РЛС, в физиотерапии и др. При этом рабочие места персонала, осуществляющего эксплуатацию таких объектов, и места проживания населения располагались на достаточно большом расстоянии от источников излучения в дальней зоне излучения, т.н. волновой зоне, зоне сформированного ЭМП, где оценка интенсивности ЭМП осуществлялась по плотности потока энергии (ППЭ) падающей плоской волны излучения – комплексному показателю, включающему в себя оценку и электрической и магнитной составляющей, и, соответственно, ПДУ ЭМП устанавливался по этому параметру (ППЭ в $\text{мкВт}/\text{см}^2$), причем как у нас в стране, так и за рубежом (соответствуя зарубежному понятию «reference levels»).

Взаимодействие ЭМИ с биологическими объектами приводит к поглощению в них части энергии излучения, вследствие чего существует потенциальная возможность возникновения различных эффектов облучения. Определение общего количества поглощенной биологическим объектом энергии и ее пространственное распределение входит в понятие дозиметрии ЭМИ. В дозиметрической оценке используются количественные характеристики взаимодействия ЭМИ с биологическими объектами, основанные на зависимости поглощения единицей объема или массы тканей энергии излучения. Такой

характеристикой количества энергии ЭМИ является величина удельной поглощенной мощности (УПМ - англ. SAR). Величина УПМ может использоваться в качестве корректного дозиметрического параметра ЭМИ на частотах выше 300 кГц, т.е. в радиочастотном (РЧ) диапазоне. С появлением мобильных средств связи, в которых источник излучения находится в непосредственной близости от головы человека, возникли дополнительные сложности в оценке уровней экспозиции, обусловленные наличием ближней зоны излучения, в которой максимальное и минимальное значение амплитуд E и H не достигаются в одних и тех же точках вдоль направления распространения электромагнитной волны, как в дальней зоне. В ближней зоне электромагнитное поле может быть сильно неоднородным, при этом в одних областях может наблюдаться практически только электрическое поле, а в других – только магнитное. Количественная оценка воздействия в ближней зоне осложнена тем, что необходимо измерить и электрическое и магнитное поле. В этой ситуации ППЭ не может служить подходящей физической величиной для ограничений воздействия (как в дальней зоне).

На основании научных исследований по обоснованию гигиенических регламентов ЭМП, создаваемых средствами мобильной связи были разработаны ГН 2.1.8/2.2.4.019-94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия ЭМИ, создаваемых системами сотовой радиосвязи», а позднее СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи», в соответствии с которыми в качестве гигиенического норматива установлена величина ППЭ, равная $100 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ непосредственно у головы пользователя. При этом для оценки уровней ЭМИ, создаваемых аппаратами сотовой связи, как наиболее адекватный принят метод измерения их на расстоянии, соответствующем зоне сформированного поля (37 см от аппарата). В этой точке установлен так называемый контролируемый уровень ЭМП, равный $3,0 \text{ мкВт}/\text{см}^2$, который соответствует значению ВДУ $100 \text{ мкВт}/\text{см}^2$. Эта методика достаточно успешно применялась на протяжении многих лет для сертификации аппаратов сотовой связи, что позволило ограничить поступление на российский рынок некачественной продукции. В отличие от принятых у нас критериев измерения и гигиенического нормирования ЭМИ, создаваемых мобильными телефонами, за рубежом в качестве основного ограничения («basic restriction») влияния ЭМИ на организм человека используется SAR (specific absorption rate) как коэффициент абсорбции ткани, или удельная поглощенная

мощность (УПМ). Этот параметр в качестве базового и заложен в Европейский стандарт безопасности на сотовые телефоны и представляет собой усредненную мощность излучения, поглощенного 10 г ткани для интервала времени 6 мин, при этом предельно допустимая величина SAR для головы человека в этом документе составляет 2 Вт/кг. В стандартах западных стран для мобильных средств связи, наряду с ограничениями по SAR (УПМ), используются и производные контролируемые уровни, представленные среднеквадратическими значениями напряженности электрического и магнитного поля и средним значением ППЭ.

Исходя из различий в подходах к нормированию, в настоящее время имеется значительное расхождение и в установленных ПДУ ЭМИ, создаваемых аппаратами сотовой связи. Сравнение отечественных и зарубежных нормативов показывает, что если для всего диапазона сотовой связи (450, 900 и 1800 МГц) принятый у нас норматив для пользователей составляет 100 мкВт/см², то в соответствии со стандартом ENV 50166 – 2, для диапазона 450 МГц он равен 225 мкВт/см², 900 МГц – 450 мкВт/см², 1800 МГц – 900 мкВт/см². Измерения SAR, согласно стандарту МЭК (IEC 62209-1:2005) выполняются с помощью специальной системы, состоящей из фантома (манекена), электронной измерительной аппаратуры, системы сканирования и держателя для закрепления сотового телефона. Испытания проводят с помощью автоматически позиционируемого миниатюрного зонда, предназначенного для измерения напряженности электрического поля внутри фантома, заполненного тканеэквивалентной жидкостью, имитирующей человеческую голову, находящуюся под воздействием ЭМП. На основе проведенных измерений рассчитывается пространственно усредненное значение SAR.

Использование фантома в дозиметрических измерениях несёт определённую пользу – величина SAR является интегральной характеристикой величины поглощения ЭМИ, что является несомненным преимуществом при измерениях в ближней зоне источника. Вместе с тем, данный метод имеет ряд недостатков, обусловленных невозможностью исчерпывающего моделирования анатомических и физиологических особенностей головы человека и не может служить исчерпывающей моделью всех сложных процессов происходящих в живом организме. В современной дозиметрии ЭМИ используются дополняющие друг друга теоретические и экспериментальные методы. Теоретическая дозиметрия, в основном, базируется на математических методах, которые позволяют определить

величину энергии ЭМИ, поглощенной объектом с учетом его формы, расположения относительно векторов электромагнитной волны, поляризации, диэлектрических свойств объектов и т.п., а также величины и структуры распределения УПМ в облучаемом объекте. Экспериментальная дозиметрия, является вторым шагом по подтверждению адекватности созданной численной модели в более ограниченных условиях и выявлению возможных артефактов условий экспозиции и поглощения энергии излучения. Имеющиеся различия в нормируемых параметрах, нормативных значениях ЭМП и методах измерения, отсутствие корреляции между ППЭ и SAR свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований в этой области в целях гармонизации подходов к гигиеническому нормированию и контролю ЭМИ, создаваемых средствами подвижной радиосвязи.

Единственным адекватным путем решения вопроса гармонизации гигиенических регламентов и методов оценки ЭМП, создаваемых средствами подвижной радиосвязи представляется дальнейшее проведение исследований зависимости характера биологического действия модулированных ЭМИ, характерных для систем сотовой связи, для условий воздействия вблизи головы человека (структур головного мозга, глаза). В основе гармонизации должны лежать комплексные методики оценки уровней электрической и магнитной компоненты ЭМП, а также определение величины УПМ

Для носимых источников ЭМП, таких как сотовый телефон, рация, а также другие средства коммуникации, нахождение человека в непосредственной близости от источника создает дополнительные сложности, как в оценке уровней экспозиции, так и их негативного влияния в связи с неоднородностью распространения излучения, обусловленного наличием ближней зоны (зоны Френеля). Поэтому существующий российский подход недостаточно корректен для оценки риска пользования носимыми средствами коммуникации. Это обосновывает необходимость комплексного подхода к определению дозы в фантоме (дозиметрия с оценкой УПМ) и оценкой среднеквадратичного значения вектора напряженности магнитного поля в свободном пространстве. В настоящее время разработаны миниатюрные зонды, позволяющие отдельно определять величины электрической и магнитной компоненты в ближней зоне ЭМП. Такой подход позволяет гармонизировать российские и международные критерии и методы регламентации ЭМП от носимых источников излучения в диапазоне от 300 МГц до 10 ГГц. Он включает три независимых этапа оценки:

теоретическая (численная) дозиметрия, экспериментальная дозиметрия и широкополосные измерения. Данный комплексный подход дает возможность гармонизировать отечественные ПДУ и международные регламенты, а также адекватно оценивать уровни ЭМП и УПМ от конкретного источника излучения.

Отсутствие корреляции между величинами ППЭ и УПМ, а также различные методологические подходы к облучению экспериментальных животных обосновывают необходимость проведения исследований в этой области. Возможность измерения ППЭ в ближней зоне источника не отвергает УПМ, а является дополнительным и важным дозиметрическим критерием, позволяющим описать характер биологического действия ЭМП сотовых телефонов. То есть, использование носимых систем коммуникации обуславливает максимальное приближение

пользователя к радиопередающему устройству, пользователь находится в ближней зоне источника излучения, где оценка уровней экспозиции затруднена. В связи с этим возникает необходимость разработки нового подхода к гигиенической оценке влияния ЭМП на пользователя. В основе гармонизации гигиенической оценки ЭМП лежат комплексные методики измерений уровней электрической и магнитной компоненты ЭМП, а также определение величины УПМ. Предложенный способ позволит расширить варианты моделирования облучения ЭМП сотовых телефонов в биологических экспериментах. Полученные результаты будут способствовать более корректным оценкам биологических эффектов при действии ЭМИ сотовых телефонов, а также помогут установить взаимосвязь между различными методологиями, существующими в экспериментальной дозиметрии.

MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS ELECTROMAGNETIC FIELD HYGIENIC STANDARDS AND EVALUATION METHODS WAYS OF HARMONIZATION

© 2012 I.V. Bukhtiyarov, N.B. Rubtsova, S.Yu. Perov, E.V. Bogacheva, Yu.P. Paltsev

Research Institute of Occupational Health RAMN, Moscow

Brief analyses of state and future of mobile system electromagnetic fields hygienic standardization and evaluation domestic and international principles harmonization ways is presented. Harmonization perspectives including specific absorption rate value account are shown.

Ключевые слова: *electromagnetic field, specific absorption rate, hygienic standards, international harmonization*

*Igor Bukhtiyarov, Doctor of Medicine, Professor, Director
Nina Rubtsova, Doctor of Biology, Professor, Chief of the
Scientific and Organization Department. E-mail:
rubtsovanb@yandex.ru*

*Sergey Perov, Candidate of Biology, Senior Research Fellow
Elena Bogacheva, Minor Research Fellow*

*Yuriy Paltsev, Doctor of Medicine, Professor, Main Research
Fellow*