

ВЛИЯНИЕ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА**1. Медицинские проявления радиации**

Эксплуатация подвижных систем связи приводит к облучению пользователей электромагнитным полем (ЭМП) СВЧ малой мощности. Облучение ЭМП, создаваемое базовыми станциями (БС) и мобильными станциями (МС), воздействует на различные категории населения: обслуживающий персонал БС; население, проживающее в районах размещения БС; пользователей МС в производственных и бытовых условиях. Персонал БС подвергается облучению в течение рабочего дня. Население, проживающее в районах размещения БС, подвергается облучению ЭМП практически круглосуточно. Пользователи МС находятся в зоне ЭМП в зависимости от интенсивности использования МС. Кроме того, возможны случаи комбинированного облучения МС и БС. Однако энергия ЭМП негативно влияет на человеческий организм. Но речь идет не об абсолютном включении вредного фактора, а о допустимой степени его присутствия.

Маломощные и непродолжительные воздействия излучения МС и БС проходят незаметно. Проявление эффекта воздействия излучения зависит от времени непрерывного воздействия ЭМП [1]. Эти явления не проходят бесследно и как бы накапливаются в организме с течением времени. До конца ещё не изучено, как и от каких параметров СВЧ-излучения малой мощности зависит эффект его воздействия на человеческий организм. Биологическое влияние СВЧ-излучения можно разделить на тепловое – катарактогенное и нетепловое – канцерогенное, неврологическое, эпидемиологическое. Рассмотрим некоторые особенности проявления каждого из этих влияний. Разные органы человека по-разному реагируют на повышение внутренней температуры под воздействием СВЧ излучения. Повышение температуры клеток головного мозга, находящихся в непосредственной близости от источника излучения, всего на $0,5^{\circ}\text{C}$ может приводить к серьезным нарушениям зрения [1].

В настоящее время появляется всё больше свидетельств того, что радио- и микроволновые излучения видоизменяют основы клеточных биохимических процессов. Это вызывает изменение тканей и функций головного мозга. Изменения, происходящие в нервных клетках человека под воздействием излучения, ведут к появлению головной боли, временному ухудшению памяти и расстройству концентрации внимания. В связи с изменениями в тканях головного мозга под воздействием микроволнового излучения специалисты выдвигают гипотезу о возможности появления катаракт, онкологических заболеваний, болезней Паркинсона и Альцгеймера. По данным Джеймса Лина в опытах с кроликами 15-минутное облучение оставляло необратимые изменения в клетках их головного мозга. Опыты над мышами, проведенные в Финляндии и Австралии, выявили у животных развитие опухоли и нарушение ориентации. При этом полученные данные не могут быть прямо распространены на человека. Работы по изучению степени биологического воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на живой организм были приведены специалистами НИИ медицины труда Российской АМН. Было изучено влияние ЭМИ на наиболее чувствительные к радиоизлучениям системы (иммунная, центральная нервная, симпатoadреналовая), на рост и развитие организма в целом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ежедневное воздействие ЭМИ с плотностью потока энергии (ППЭ) 250 мкВт/см^2 на протяжении трёх месяцев может рассматриваться в качестве порога биологического воздействия. В качестве предельно допустимого уровня (ПДУ) ППЭ предлагается выбрать величину 100 мкВт/см^2 .

Очевидно, наибольшую энергетическую нагрузку несут пользователи МС, поэтому на практике им следует помнить, что сеансы связи у них должны быть короткими. По данным социологической службы «Мониторинг» 84 % москвичей разговаривают по телефону менее 1 часа в день. Для абсолютного большинства пользователей допустимое время воздействия ЭМИ не должно превышать 1 часа в день. Энергетическая нагрузка на организм при этом режиме связи оказывается меньше, чем допустимая [2] и [3] и составляет соответственно 200 и 240 мкВт ч/см^2 .

Воздействие ЭМИ подразделяется на профессиональное и непрофессиональное. Профессиональному воздействию подвергается персонал БС. Для профессионального воздействия предельно допустимая величина энергетической нагрузки установлена в соответствии с [4] и равна 200 мкВт ч/см^2 . Поэтому при 8-ми часовом рабочем дне ППЭ, которой подвергается персонал БС, не должна превышать величину 25 мкВт/см^2 . Для населения, подвергающегося облучению антеннами БС допустимая ППЭ составляет 10 мкВт/см^2 . В соответствии с данными, приведенным в [2], был разработан нормативный документ, регламентирующий ПДУ ППЭ и ЭМИ радиосредств сотовой связи. Требования,

содержащиеся в этом документе, аналогичны требованиям ряда национальных стандартов и международных рекомендаций. В соответствии с результатом моделирования ЭМИ, создаваемого МС, допустимо применение карманных МС мощностью до 1 Вт [2].

2. Физические модели влияния

Единицей влияния микроволнового излучения на организм человека является «специфическая норма поглощения» SAR (Specific Absorption Rates), численно равная энергии поглощенного излучения, приходящейся на 1 г биомассы.

$$SAR = \left(\frac{\alpha}{2\rho} \right) |E|^2. \quad (2.1)$$

При поглощении единицы SAR в течение 20 минут 1 г ткани нагревается на 1°C. Этот нагрев не всегда адекватно компенсируется обменными процессами организма. Вместе с тем имеются разные мнения о предельных нормах. Так, европейские организации рекомендуют для МС предельную норму SAR 2 мВт/г. В [5] сообщается о поглощении головой 37,5 % мощности излучения при частоте 1900 МГц и сообщаются данные о зависимости SAR от расстояния (в диапазоне 15-50мм) между моделью головы и точечным источником радиоизлучения. На рис. 1 приведены данные для неомогенной модели головы с шеей и модели головы без шеи. Из рисунка видно, что мощность, выделяемая в килограмм массы, резко уменьшается при удалении передатчика от головы. Таким образом, можно утверждать, что основную долю энергии облучения получает сам хозяин МС. Аналогичные исследования для МС HGH (Hagenuk Global Handy) были выполнены Г.В. Кирюшиным и О.Н. Масловым и они хорошо совпадают с результатами, полученными за рубежом по критерию SAR [6]. В швейцарском федеральном технологическом институте г.Цюриха были проведены исследования с 16 различными моделями МС, которые показали пятикратную разницу в их характеристиках SAR от 0,28 мВт/г до 1,33 мВт/г.

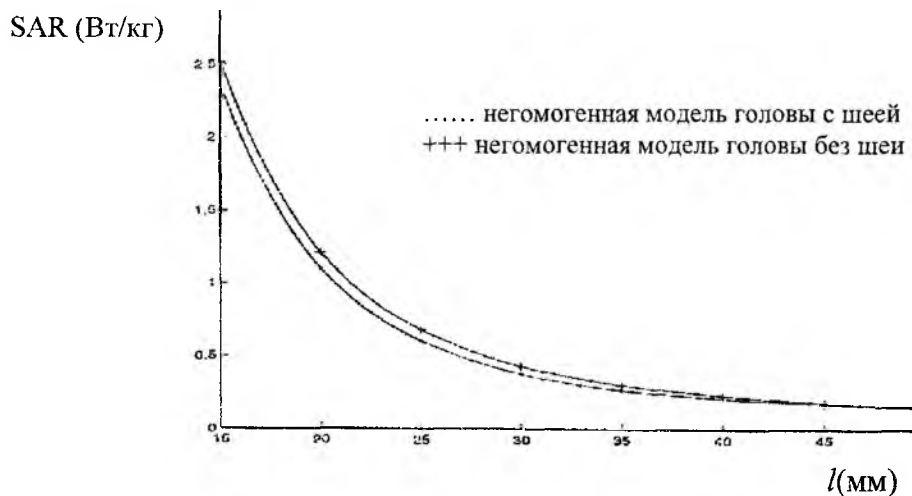


Рис. 1

Практические исследования многих авторов показали, что при поглощении энергии СВЧ в тканях биологического объекта (БО) необходимо отметить следующие явления:

1. Поскольку различные слои тканей обладают неодинаковой проводимостью σ и диэлектрической проницаемостью ϵ , энергия поглощается в слоях неравномерно.
2. С увеличением частоты поля тепловой эффект возрастает, то есть количество выделяемой в теле энергии растёт.
3. От поверхности ткани в глубь тела температура возрастает. Следовательно, основное воздействие осуществляется на глубинные ткани.

Мощность, поглощаемая БО, определяется по формуле

$$P = \int_S \vec{n} \cdot d\vec{s}, \quad (2.2)$$

где \vec{P} – вектор плотности потока мощности; S – площадь поверхности исследуемого БО. Вектор \vec{P} на поверхности исследуемого объекта определяется мощностью МС, диаграммой направленности антенны, расстоянием до объекта и формой объекта.

Действующее значение энергии колебаний СВЧ для случая, когда БО находится в потоке излучения, может быть определено, если известны его коэффициенты поглощения и отражения. Однако для живых организмов в связи со сложной геометрической формой и неоднородностью самого объекта невозможно провести точный расчет и измерение этих величин. Расчет можно сделать, приняв живой организм за однородную среду.

Пусть ρ – коэффициент отражения БО, α – коэффициент поглощения БО. Если W_0 – падающий поток энергии за время t , то поток энергии, прошедшей внутрь БО за то же время, определяется выражением

$$W_1 = W_0(1 - \rho^2). \quad (2.3)$$

Энергия, поглощенная телом в единице объема на глубине x от поверхности за время t

$$W_2 = CP_0 e^{-2\alpha x}, \quad (2.4)$$

где

$$C = (1 - \rho^2)(1 - e^{-2\alpha}). \quad (2.5)$$

Величина W_2 характеризует действующее значение энергии на данном участке ткани.

Для нахождения плотности потока мощности на поверхности тела нужно учитывать соотношение между расстоянием l от головы до МС, рабочую длину волны МС λ и размеры антенны D . Согласно [7] на расстояниях l , превышающих длину волны λ и размеры источника поля D , точнее, удовлетворяющих одновременно неравенствам

$$l \gg \frac{\lambda}{2\pi} \quad \text{и} \quad l \gg \frac{D^2}{\lambda}, \quad (2.6)$$

ЭМП существует в виде сформировавшихся сферических бегущих волн. Область пространства, где это имеет место, носит название зоны свободного излучения или волновой зоны. В зоне между компонентами ЭМП имеется известная зависимость

$$E = 120\pi H. \quad (2.7)$$

В волновой зоне ЭМП характеризуется плотностью потока мощности излучения Π , т.е. количеством энергии, проходящей за 1 сек через единицу поверхности, перпендикулярной направлению распространению волны

$$\Pi = \frac{E^2}{120\pi} = 120\pi H^2. \quad (2.8)$$

Если известна мощность P в ваттах, излучаемая источником в свободное пространство, можно приблизительно оценить максимальное значение величины Π в Ваттах на 1 м^2 , которое имеет место на расстоянии l от источника излучений по формуле [7]

$$\Pi = \frac{P\sigma}{4\pi^2 l^2}. \quad (2.9)$$

Влияние, которое оказывают БС и МС на окружающие БО, при соблюдении условия (2.6) можно рассчитывать по формулам (2.7-2.9).

В случае исследования влияния ЭМП на пользователя МС расстояние l не удовлетворяет условиям дальней зоны, т.е. пользователь находится в ближней зоне действия антенны. В этой зоне напряженности E и H не связаны универсальной зависимостью и могут иметь любое количественное соотношение, которое зависит от вида источника излучения. На расстояниях, меньших $\frac{\lambda}{2\pi}$, в так называемой зоне индукции, электромагнитное поле не носит волнового характера и не может рассматриваться как сферическая волна. Таким расстоянием по параметру длины волны λ МС для стандарта

Т-450 будет $l \gg 67$ см, для стандарта НМТ-900, GSM-900 – $l \gg 34$ см, а для стандарта GSM-1800 – 17 см. В ближней зоне можно предложить два способа определения плотности потока мощности излучения, падающей на БО – теоретический расчёт и измерение. Теоретический расчет достаточно сложен. Как правило, в настоящее время проводится экспериментальное исследование полей вокруг источника излучения. На рис. 2 представлены для стандарта GSM экспериментально полученные угловые распределения ППЭ на расстоянии 0,5 м от МС в главной горизонтальной плоскости. На рис. 3 – в лицевой вертикальной плоскости для телефонов Nokia 2110 (штриховые линии) и HGH (сплошные линии). Расположение головы пользователя отмечено стрелками. Встроенная антенна МС типа HGH концентрирует ЭМИ в направлении, противоположном голове пользователя. Уровень ППЭ на расстоянии 2...4 см уменьшается в 2,5...3 раза по сравнению с МС Nokia 2110 при одинаковой излучаемой мощности [6]. Таким образом, голова человека служит, как бы рефлектором, направляющим излучение передатчика в сторону противоположную от головы.

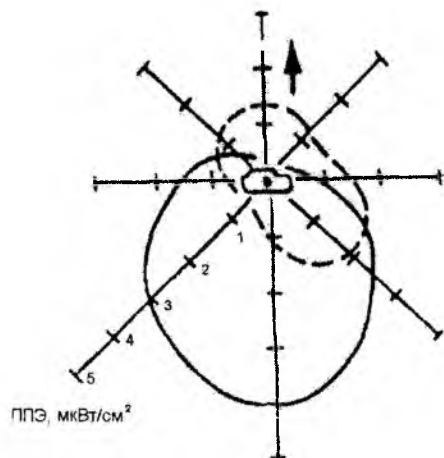


Рис. 2

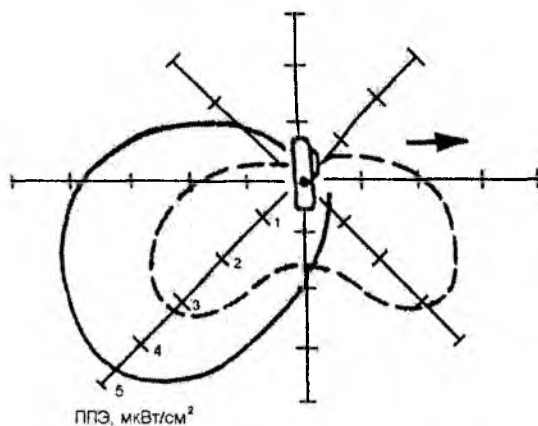


Рис. 3

Однако, как показывают исследования, только часть энергии излучения МС служит для установления связи с базовой станцией соты. Значительная её часть поглощается телом абонента и окружающими предметами. При частотах 914 МГц и 1890 МГц 50 % мощности излучения поглощается в основном головой [8]. По данным [9] от 48 % до 68 % излучаемой мощности при частоте 900 МГц поглощается головой и рукой. Исследование было проведено для 4 видов антенн и 5 видов тканей.

Чтобы предотвратить поглощение энергии телом пользователя, фирма Microshield изобрела простое устройство, представляющие собой чехол для радиотелефона со специальной ультратонкой защитной сеткой, вшитой в чехол и экранирующей излучение от корпуса МС [1]. В МС фирмы Microshield предусмотрена также экранирующая планка, выдвигающаяся параллельно антенне радиотелефона. Планка должна быть убрана в момент ожидания и установления соединения. Во время разговора планку нужно выдвинуть наполовину и «подстраивать», добиваясь требуемого качества связи. Выдвижение планки на три четверти длины позволяет поглотить до 90 % излучений в направлении головы.

В новых системах сотовой связи стандарта GSM в МС передатчик включается только тогда, когда пользователь начинает разговор, и отключается в паузах и в конце разговора [10]. Это позволяет существенно снизить излучение МС. В некоторых системах сотовой связи мощность излучения МС регулируется базовой станцией автоматически. Цель регулирования состоит в том, чтобы каждая МС излучала сигнал минимальной мощности, которая достаточна для обеспечения хорошего качества передачи речи [10].

В [11] была использована детальная модель глаза, включающая 4 типа ткани и было вычислено удельное поглощение энергии глазом, как функция расстояния между источником ЭМИ и глазом. ППЭ обратно пропорциональна квадрату расстояния между головой пользователя и радиотелефоном. Следовательно, защита расстоянием служит одним из способов обеспечения безопасности пользователя.

3. Рекомендации пользователю МС

Существует несколько направлений обеспечения безопасности пользования мобильными средствами связи. Это – создание простых и эффективных средств защиты пользователя от излучения, создаваемого МС (усовершенствование конструкции МС), разработка комплекса рекомендаций по безопасной эксплуатации МС, а также следование научно обоснованным нормам размещения БС. Безопасность БС и МС оценивается по фактору ЭМИ, которое определяется ПДУ ППЭ электромагнитного поля, а также показателем поглощения энергии.

За соблюдение параметров безопасности БС по фактору ЭМИ несет ответственность разработчик. Пользователь же должен соблюдать несколько правил, чтобы снизить опасное влияние СВЧ. При приобретении МС необходимо проанализировать её безопасность по фактору ЭМИ. Формируется банк данных по параметрам безопасности мобильных средств связи разных стандартов и типов. В [10] описаны наиболее популярные модели МС. Пользователь должен стремиться сокращать длительность переговоров, особенно в машине и, по возможности, не держать трубку слишком близко от головы. При разговоре выдвигать антенну МС на полную длину. Не рекомендуется держать одновременно у головы трубку обычного телефонного аппарата и радиотелефона, т.к. повышается концентрация ЭМИ вокруг головы. При работе с компьютером желательно удалять подключаемый к нему сотовый терминал на максимальное расстояние. Необходимо также учитывать тот важный факт, что МС периодически выдаёт сигналы для сообщения БС о своём местонахождении независимо от желания её хозяина. Поэтому особенно внимательны должны быть те, кто использует слуховой аппарат или кардиостимулятор. МС нужно прикладывать к противоположному, относительно расположения этих приборов, уху. При наличии кардиостимулятора не рекомендуется носить телефон в кармане.

Опасны МС и для авиаторов, т.к. могут вызвать сбои в работе бортового оборудования. О степени опасности говорит факт выпуска и использования службами контроля специального устройства – обнаружителя сотовых телефонов.

Выводы

На рубеже XX – XXI вв. человечество вплотную подошло к реализации глобальных персональных систем связи. Глобальность связи обеспечивается созданием Всемирной сети связи, в которую интегрируются национальные (федеральные) и входящие в них региональные и ведомственные системы связи. Это позволяет любому абоненту пользоваться в любое время различными услугами электросвязи в любой точке земного шара. Персональная связь становится возможной в масштабе всей планеты, а абонент достигаемым в любой точке Земли путем набора одного и того же телефонного номера.

В связи с тем, что системы подвижной связи становятся одним из основных телекоммуникационных средств, проблема их безопасного использования превращается в глобальную задачу, в решении которой заинтересовано всё мировое сообщество.

Список литературы: 1. Левин Р. Вреден ли для здоровья радиотелефон? М.: Электросвязь, 1997. № 10. С. 28. 2. Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения радиосредств сотовых систем подвижной связи / Бузов А.А., Кольчугин Ю.И. и др. М.: Электросвязь, 1997. № 10. С. 24-25. 3. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Изменение 1. 4. Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей создаваемых радиотехническими объектами. № 2963–84. М.: Минздрав СССР, 1984. 5. Vadjed Samiei M.H., Delisle G.Y. Analytical and Experimental Study of the EM/Biological Tissues Interaction at 1900 MHz, Proc IEEE, Trans. MTT, Vol. 79. 2000. P. 705-710. 6. Кирюшин Г.В., Маслов О.Н. Параметры безопасности систем сотовой связи стандарта GSM по электромагнитному фактору. М.: Электросвязь, 1997. № 10. С. 26-27. 7. Лутвищенко Е.А., Дзюндзюк Б.В. и др. Защита от электромагнитных полей. Киев, 1971. 32 с. 8. Tofgard J., Hornsleth H., Anderson B. Effects on portable antennas of the presence of a person, IEEE . Trans. Ant. and Propagat, AP, Vol. 41, No. 6, June 1993. 9. Jensen M. A., Rahmat-Samii Y. EM interaction of handset antennas and a human in personal communications, Proc. IEEE, Vol. 83, No. 1. P. 7-17, Jan. 1995. 10. Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 1998. 256с. 11. Dimbylow P.J. FDTD calculations of the SAR for a dipole closely coupled to the head at 900 MHz and 1.9 GHz, Phys. Med. Biol 1991. Vol. 38. P. 361-368.