

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

УДК 613.648:537.876.4

© Александров Ю.А.¹, Остапенко А.А.², Гентош А.В.³

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОТ НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

В статье рассмотрено влияние электромагнитного поля на организм человека и проведены исследования уровня электромагнитных излучений от некоторых технических устройств. Предложены рекомендации по снижению влияния электромагнитных излучений для пользователей технических устройств.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, частота, плотность потока энергии, микроволновая печь, мобильный телефон.

Александров Ю.О., Остапенко А.О., Гентош А.В. Вивчення рівня електромагнітного випромінювання від деяких технічних пристроїв. У статті розглянуто вплив електромагнітного поля на людину та проведені дослідження рівня електромагнітного випромінювання від деяких технічних пристроїв. Запропоновані рекомендації щодо зниження впливу електромагнітного випромінювання для користувачів технічними пристроями.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, щільність потоку енергії, частота, мікrohвильова піч, стільниковий телефон.

Y.O. Alexandrov, A.O. Ostapenko, A.V. Gentosh. Investigation of the level of electromagnetic radiation from some technical devices. In the article considered was influence of electromagnetic field on human body and research level of electromagnetic radiation from some technical devices. Proposed were recommendations to reduce the impact of electromagnetic radiation to users technical devices.

Keywords: electromagnetic radiation, energy flux density, frequency, microwave, cell phone.

Постановка проблемы. Биологическое влияние электрических и магнитных полей на организм людей и животных постоянно исследуется. Наблюдаемые при этом эффекты, если они и возникают, до сих пор не ясны и трудно поддаются определению, поэтому эта тема остается по-прежнему актуальной. На данный момент во всем мире передовыми научными центрами проводится исследования влияния электромагнитных полей на организм человека.

Анализ последних исследований и публикаций. В процессе жизнедеятельности человек постоянно находится в зоне действия электромагнитного поля (ЭМП) Земли. Такое поле, называемое фоном, имеет определенный уровень на каждой частоте, который не наносит вреда здоровью человека, и считается нормальным [1]. Природный ЭМ спектр охватывает волны частотой от сотых и десятых долей Герца до тысяч ГигаГерц. С 60-х годов прошлого века началась научно-техническая революция. Именно в то время были изобретены первые компьютеры, радиотелефоны (первые мобильные телефоны весили около 50 кг и возились в машинах), была разработана и запущена первая спутниковая связь. Параллельно с этими нововведениями увеличилось количество обычных на то время источников электромагнитного излучения: радиоло-

¹ канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, yuralexandrov@i.ua

² студент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, azzazelius@mail.ru

³ студент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, anastasia-gentosh@rambler.ru

кационные станции, радиорелейные станции, телевизионные вышки. Примерно в это же время передовые промышленные страны начали интересоваться влиянием электромагнитного излучения на здоровье человека. В то время, правда, речь шла об ЭМП от промышленных источников и никто не задумывался, что наиболее опасны для человека поля высоких частот.

Сильное отрицательное влияние электромагнитных полей компьютера отмечено на детородной функции как женщин, так и мужчин. Существует прямая зависимость в развитии злокачественных образований у тех людей, кто постоянно работает с видеодисплейными терминалами, радиотелефонами или радиопередатчиками. Так, среди американских полицейских было зафиксировано высокое число пораженных раком мозга и причиной тому было вредное влияние электромагнитных полей радиопередатчиков, которыми они постоянно пользовались. Проведенные в России исследования показали негативное влияние электромагнитных полей работающего мобильного телефона на хрусталик глаза, состав крови и половую функцию мышей и крыс. Причем, эти изменения носили необратимый характер уже при более, чем 2-недельном воздействии на них [2]. По заключению экспертов Всемирной Организации Здравоохранения, результатом продолжительного влияния электромагнитных полей, даже относительно слабого уровня, что доказано проведенными в ряде стран исследованиями, могут быть: раковые заболевания, изменение поведения, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти внешне здорового человека (чаще это наблюдается в метро, электричках или вблизи мощных электросиловых установок), угнетение половой функции, увеличение количества самоубийств в крупных городах и многие другие негативные состояния. Наиболее опасно влияние электромагнитных полей для развивающегося организма в утробе матери, детей, а также людей, подверженных аллергическим заболеваниям [3].

За последние 20 лет в мире количество приборов и устройств, использующих электричество увеличилось в тысячи раз. Теперь электроника, без которой мы уже не можем обойтись, сопровождает нас круглосуточно как на работе, так и на отдыхе. Телевизоры, микроволновые печи, мобильные телефоны, компьютеры с одной стороны помогают нам, а с другой - они несут невидимую, но верную угрозу нашему здоровью - электромагнитный смог - совокупность ЭМ излучений от созданных человеком приборов и устройств.

Наверное, каждый из нас знает, что в микроволновой печи приготовление и нагрев продуктов производится за счет поглощения электромагнитной энергии молекулами воды, содержащимися в пище. На частоте 2.4 ГГц у воды наблюдается наибольшее поглощение электромагнитного излучения, в итоге для приготовления продуктов затрачивается небольшая мощность [4]. На данный момент научно-техническая революция в самом разгаре и улицы городов превратились в большую микроволновую печь, у которой пока еще немного не хватает мощности. Источниками сверхвысокочастотного излучения (с частотой более 1500 МГц) в городах являются: радиостанции, телевизионные ретрансляторы, телевышки, электростанции. Их не должно быть в городской черте. Например, если у вас по соседству стоит радиолокационная станция и расстояние до нее меньше санитарных норм, то это может быть чрезвычайно опасно. В этом случае необходимо помнить, что санитарные нормы рассчитываются исходя из мощности электромагнитного излучения на определенном расстоянии от излучающей антенны, и не принимается во внимание, что на разных частотах организм человека имеет различную чувствительность к ЭМИ. Наибольшую опасность для человека представляет влияние электромагнитного излучения частотой 40 - 70 ГГц, что обусловлено соизмеримостью длины ЭМ волн с размерами клеток человека [5].

Ученые установили, что мобильная связь, как и любой другой источник вредного электромагнитного излучения (компьютер, телевизор, микроволновая печь или радиотелефон), является биологически активной, т.е. влияет на здоровье человека. Причем, по мнению медиков, это влияние имеет "отрицательную направленность". Но, в отличие от других приборов, мобильный телефон в момент работы находится в непосредственной близости от мозга и глаз. Кроме того, среди технических средств (например, компьютер, телевизор или радиотелефон) нет таких, которые могли бы сравниться с вредом мобильного телефона по уровню воздействующего на человека электромагнитного излучения. Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона, генерируемое мобильным телефоном, поглощаются тканями головы, в частности, тканями мозга, сетчаткой глаза, структурами зрительного, вестибулярного и слухового анализаторов, причем излучение действует как непосредственно на отдельные органы и струк-

туры, так и опосредованно, через проводник, на нервную систему [6]. Ученые доказали, что, проникая в ткани, электромагнитные волны, вызывают их нагрев. Со временем это неблагоприятно сказывается на функционировании всего организма, в частности, на работе нервной, сердечно-сосудистой, а также эндокринной систем. Данные исследований ученых со всего мира о вреде электромагнитного излучения телефонов очень противоречивы. По мнению Олега Григорьева - директора Центра электромагнитной безопасности Института биофизики ГОСНЦ Минздрава РФ, проблема заключается в том, что разные люди реагируют на генерируемое сотовыми телефонами излучение по-разному: 15% особо устойчивых его просто не замечают, у 70% включаются компенсаторные механизмы и негативные последствия проявляются только через какое-то время, а 15% пользователей являются гиперчувствительными к электромагнитному излучению. Даже после однократного разговора по мобильному телефону у них отмечаются повышенная утомляемость и расстройства сна, впоследствии развивается реакция, напоминающая аллергическую, головная боль и перепады давления [7]. В Швеции официально признали факт существования аллергии на мобильные телефоны и пошли на беспрецедентный шаг: все мобильные аллергики могут получить солидную сумму из бюджета (около 250 тысяч долларов) и переехать в отдаленные районы страны, где нет сотовой связи и телевидения.

Полученные факты заставили Всемирную Организацию Здравоохранения признать угрозу влияния электромагнитных полей основной для здоровья и жизни человека.

Цель статьи – исследование уровня электромагнитных излучений от наиболее распространенных в повседневной деятельности человека технических устройств, которые являются источником электромагнитных полей: компьютеров, планшетов, ноутбуков, мобильных телефонов и СВЧ печей.

Изложение основного материала. Была произведена серия замеров уровня ЭМИ в каждом из исследуемых случаев прибором Tenmars TM-194 с частотным диапазоном 50МГц-3,5 ГГц и диапазоном измерения 0,001-2,7 мВт/см². Кроме того, было исследовано действие нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7».

Согласно опытным данным, наибольшую опасность, как и предполагалось, представляет СВЧ печь. На рис. 1. представлены данные измерений плотности потока энергии при работе СВЧ печи на расстоянии 0,05 м от дверцы печи.

На рис. 2 представлены результаты измерения уровня ЭМИ СВЧ печи с использованием блокиратора ЭМИ Гамма-7. Среднее зафиксированное значение плотности потока энергии составило 155,63 мкВт/см², что значительно выше нормы.

Согласно этим данным, СВЧ печь в момент своей работы создает ЭМИ плотностью потока энергии 155 мкВт/см². Следует отметить, что измерения производились при работе не заземленной СВЧ печи, что соответствует реальной картине вещей в большинстве квартир и домов.

Стационарные компьютеры, планшеты и ноутбуки не представляют собой угрозы, поскольку максимальный зафиксированный уровень ЭМИ составил 1 мкВт/см². Наибольший интерес для исследований составил вопрос о вреде мобильных телефонов. В результате замеров уровня ЭМИ от мобильных телефонов были получены следующие результаты.

На рис. 3 представлены результаты измерения уровня ЭМИ при работе одного мобильного телефона при получении им вызова от другого абонента. Среднее зафиксированное значение составило 24,3 мкВт/см².

На рис. 4 представлены результаты опыта по измерению плотности потока энергии от одного мобильного телефона при получении им вызова с использованием защиты Гамма-7. При этом среднее значение уровня ЭМИ составило 27,33 мкВт/см².

На рис. 5 отображены результаты измерения уровня ЭМИ от одного мобильного телефона в момент вызова им другого абонента. Среднее зафиксированное значение составило 6,73 мкВт/см².

На рис. 6 можно увидеть результаты измерения уровня ЭМИ одного мобильного телефона при вызове им другого абонента с использованием блокиратора ЭМИ Гамма-7. В таких условиях телефон в среднем излучает ЭМИ величиной в 6,73 мкВт/см².

На рис. 7 представлены результаты опыта по измерению уровня ЭМИ от двух мобильных телефонов, размещенных на расстоянии 0,1 м друг от друга, при условии, что они одновременно получают вызов от других абонентов. Средний уровень ЭМИ при таких условиях составил 43,57 мкВт/см², что в 17 раз превышает предельно допустимый уровень.

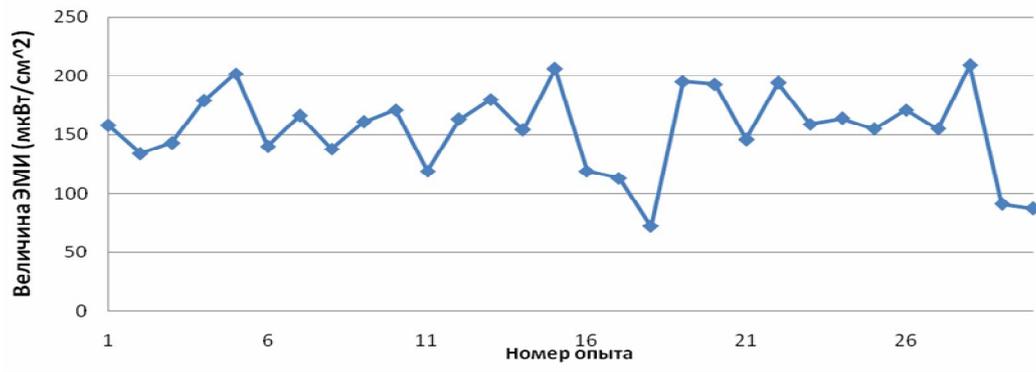


Рис. 1 – График замеров плотности потока энергии от СВЧ печи в момент ее работы

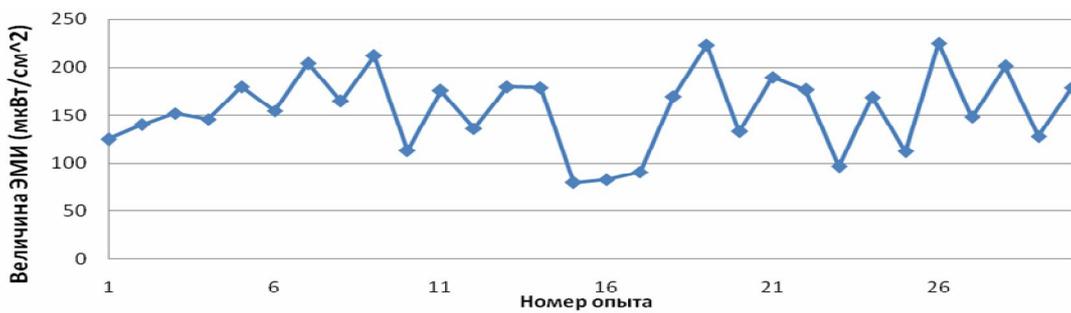


Рис. 2 – График замеров плотности потока энергии от СВЧ печь в момент ее работы с использованием нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7»

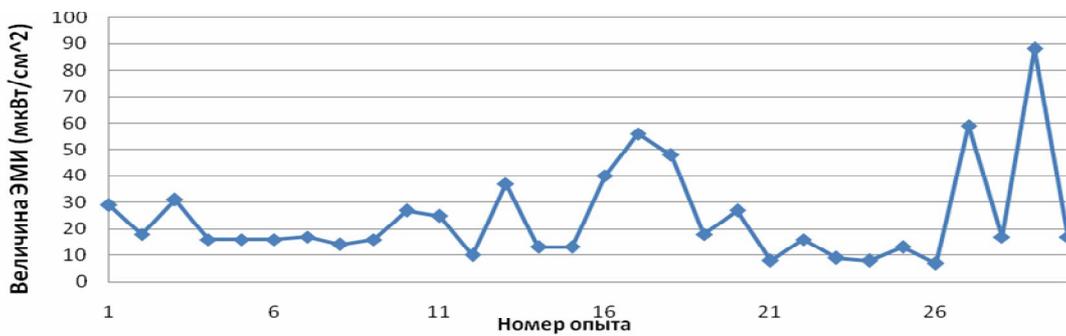


Рис. 3 – График замеров плотности потока энергии от мобильного телефона в момент получения вызова

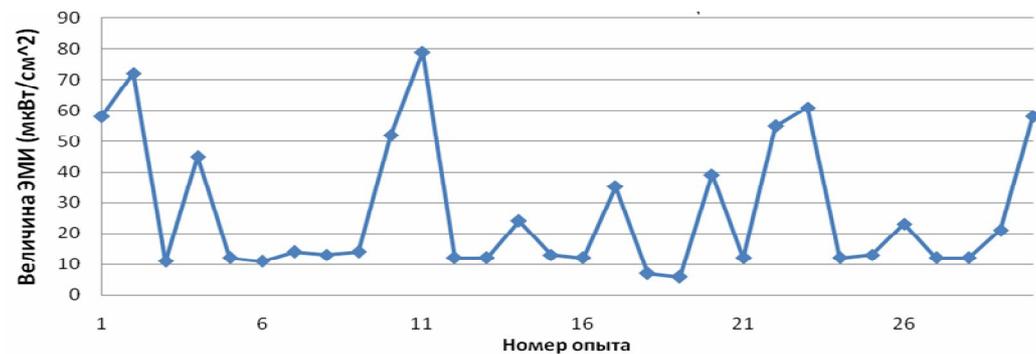


Рис. 4 – График замеров плотности потока энергии от мобильного телефона в момент получения вызова с использованием нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7»

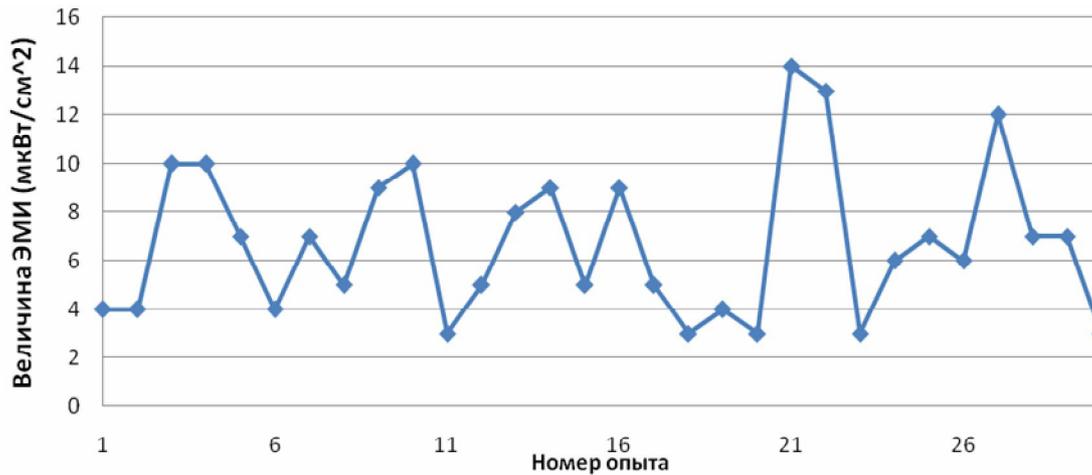


Рис. 5 – График замеров плотности потока энергии от мобильного телефона в момент вызова абонента

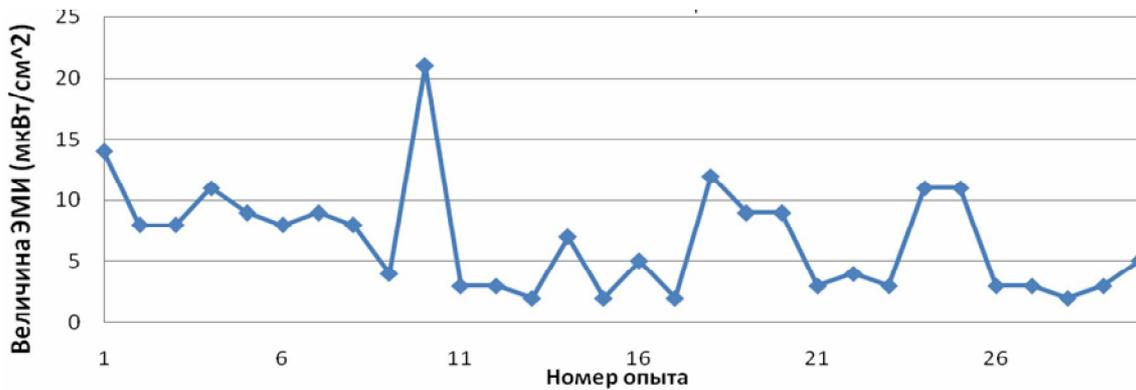


Рис. 6 – График замеров плотности потока энергии от мобильного телефона в момент вызова абонента с использованием нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7»

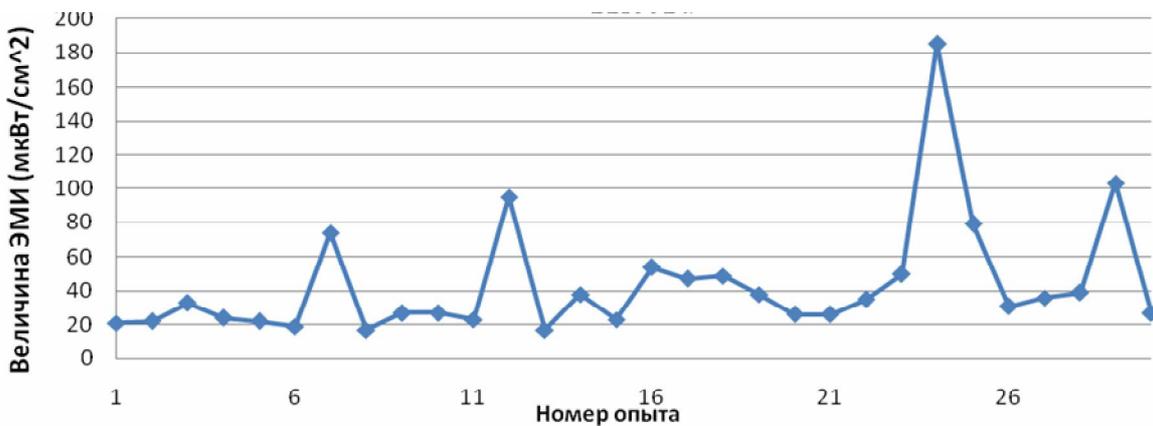


Рис. 7 – График замеров плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент получения вызова

На рис. 8 показаны результаты измерений уровня ЭМИ от тех же двух мобильных телефонов, при тех же условиях, но с использованием защиты Гамма-7. При этом средний уровень ЭМИ составил 40,87 мкВт/см².

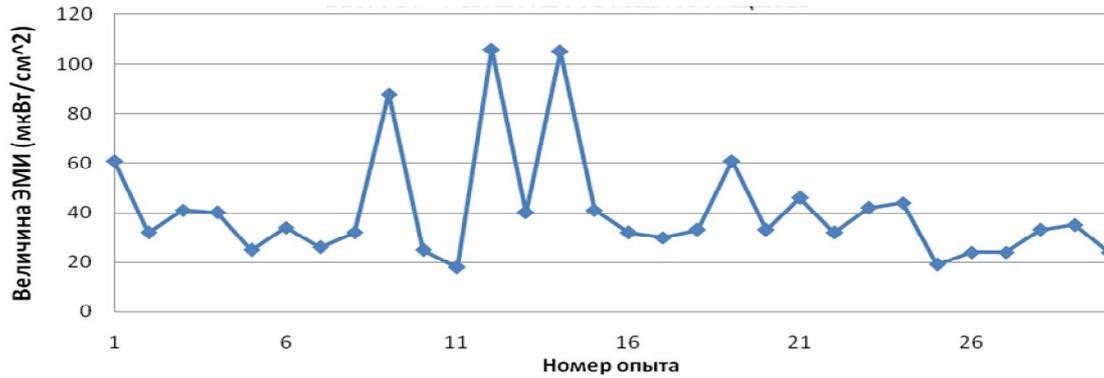


Рис. 8 – График замеров плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент получения вызова с использованием нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7»

На рис. 9 можно увидеть результаты измерения плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент времени, когда оба телефона посылают вызовы другим абонентам. Среднее значения уровня ЭМИ в этом случае составила 23,27 мкВт/см².

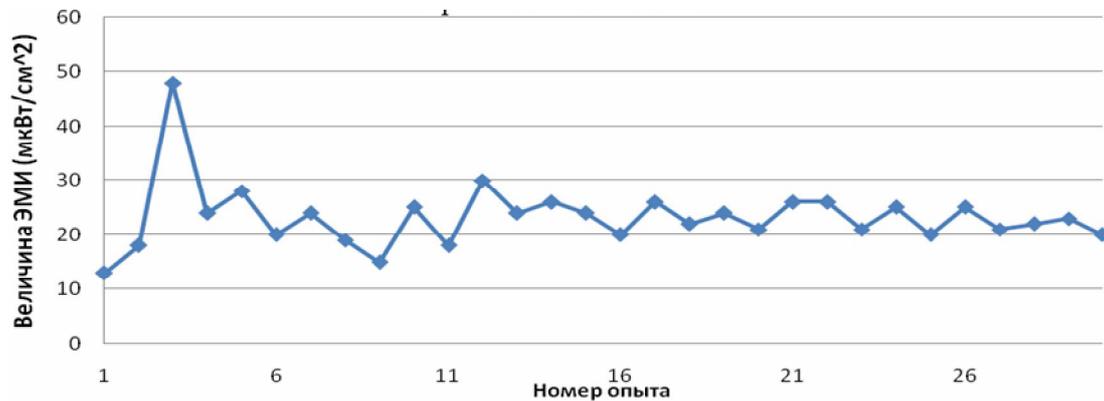


Рис. 9 – График замеров плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент вызова

На рис. 10 представлены результаты измерения плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент, когда оба телефона посылают вызовы другим абонентам, но при использовании защиты Гамма-7. Среднее значения уровня ЭМИ в этом случае составила 26,00 мкВт/см².

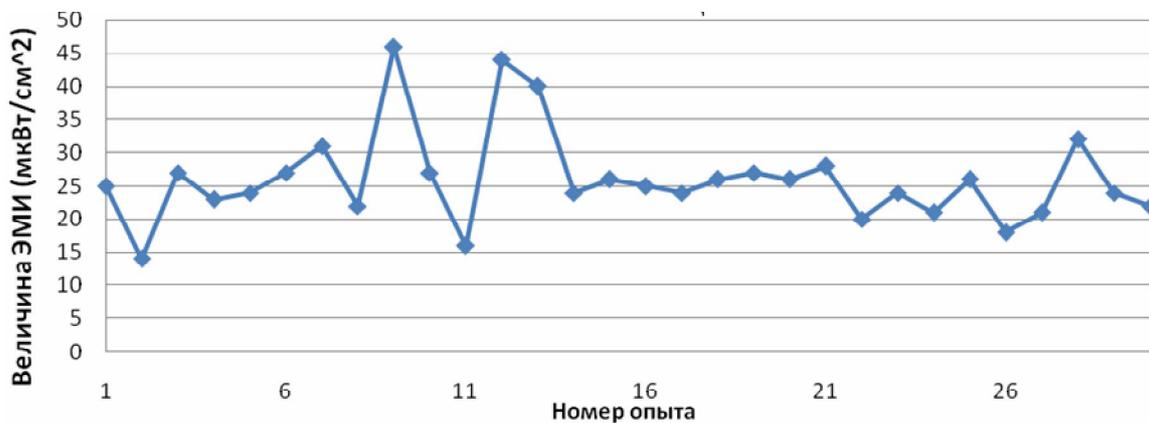


Рис. 10 – График замеров плотности потока энергии от двух мобильных телефонов в момент вызова с использованием нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7»

При звонке с мобильного телефона, в течении 3-4 секунд в момент соединения, было зафиксировано ЭМИ в среднем величиной $6,7 \text{ мкВт/см}^2$, а при получении вызова – 24 мкВт/см^2 . При использовании двух телефонов в режиме приема вызова одновременно было зафиксировано ЭМИ в среднем величиной 43 мкВт/см^2 , а при отправлении вызова – 23 мкВт/см^2 . Причем, заметного влияния нейтрализатора ЭМИ «Гамма-7» обнаружено не было. Следует отметить, что предельно допустимый уровень электромагнитного излучения в Украине составляет $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ (для сравнения: в России и Венгрии – 10 мкВт/см^2 , в Скандинавии – 100 мкВт/см^2). В Украине нормирование уровня электромагнитных излучений от мобильных телефонов отсутствует и электромагнитное излучение от мобильных телефонов подпадает под допустимый уровень $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. В России установлены временные нормы излучения от мобильных телефонов 100 мкВт/см^2 , а для всех остальных источников электромагнитных излучений действует норма 10 мкВт/см^2 , что является явным противоречием и свидетельствует о том, что мобильный телефон является источником повышенного уровня электромагнитных излучений. И это вовсе не свидетельствует о том, что разных странах люди предрасположены к ЭМ смогу по-разному. Это прежде всего говорит о лоббировании интересов производителей мобильных телефонов и мобильных операторов.

Исследуя влияние мобильных телефонов на организм человека мы обратились к компьютерному моделированию. При помощи пакета Comsol Multiphysics [8], который предназначен специально для научных исследований, нами была построена статическая мультифизическая модель для определения коэффициента поглощения электромагнитной энергии тканями тела человека и величины повышения температуры тканей мозга. Для качественной симуляции сначала была построена геометрия модели, которую можно увидеть на рис. 11. Она состоит из трех основных доменов: модели головы человека и окружающего его воздуха и объекта имитирующего мобильный телефон.

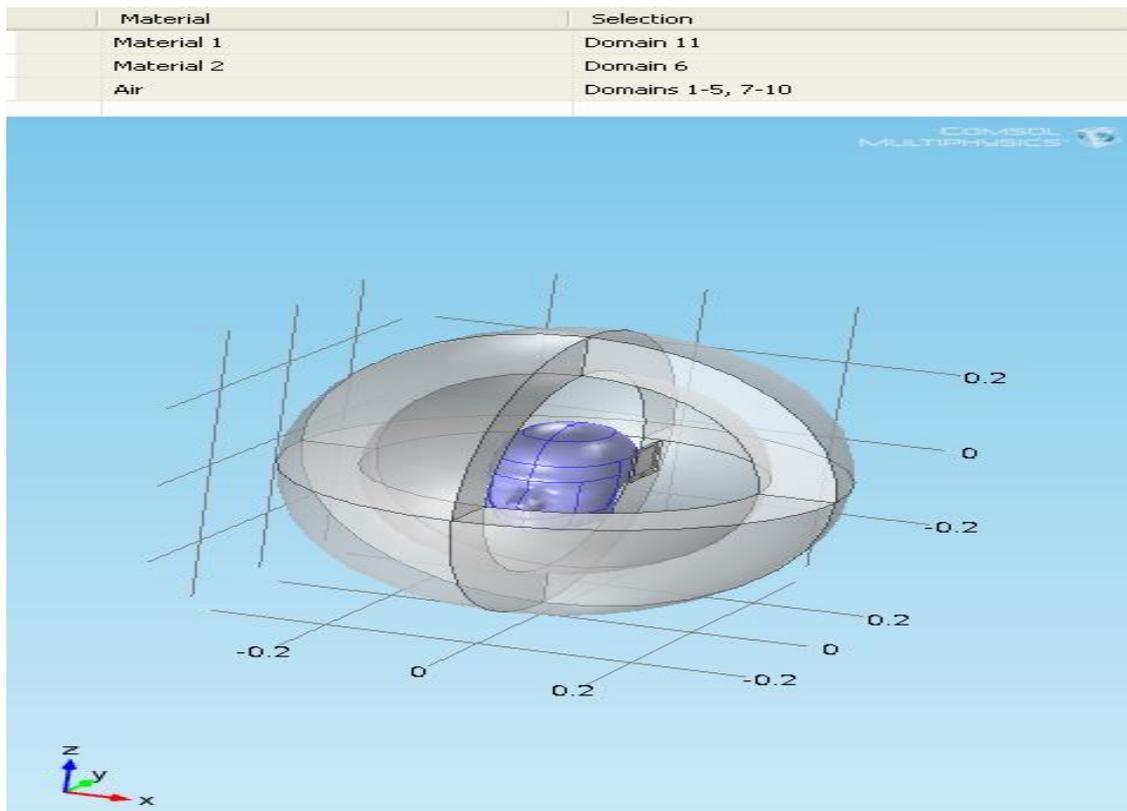


Рис. 11 – Геометрия модели, исследуемых объектов в пакете Comsol Multiphysics

Этим доменам были присвоены параметры реальных материалов (рис. 12), таких как диэлектрическая постоянная для мозговой ткани, плотность мозговой ткани, теплоемкость крови, частота телефона и многие другие.

▼ Parameters

Name	Expression	Value	Description
epsilon _{nr_pcb}	5.23	5.23	Permittivity for the patch antenna board
epsilon _{nr0_brain}	56	56	Permittivity for the brain tissue
sigma _{0_brain}	1.35[S/m]	1.35 S/m	Conductivity for the brain tissue
rho _{brain}	1.03e3[kg/m ³]	1030 kg/m ³	Density of brain tissue
sdamping	2e-4	2.0E-4	Sampling parameter
edamping	4e-4	4.0E-4	Sampling parameter
soffset	-1.0[S/m]	-1 S/m	Sampling parameter
eooffset	-50	-50	Sampling parameter
c _{blood}	3639[J/(kg*K)]	3639 J/(kg·K)	Heat capacity of blood
rho _{blood}	1000[kg/m ³]	1000 kg/m ³	Density of blood
odamping	1.08e-6[1/s]	1.08E-6 1/s	Sampling parameter
ooffset	7.8e-4[1/s]	7.8E-4 1/s	Sampling parameter
freq	835[MHz]	8.35E8 Hz	Frequency

– Output properties

Property	Variable	Expression	Unit	Size
Thermal conductivity	{k11, k2...	0.5	W/(m*K)	3x3
Density	rho	1050	kg/m ³	1x1
Heat capacity at cons...	Cp	3700	J/(kg*K)	1x1
Electrical conductivity	{sigma1...	sigma _{brain}	S/m	3x3

– Output properties

Property	Variable	Expression	Unit	Size
Electrical conductivity	{sigma1...	0	S/m	3x3
Relative permittivity	{epsilon...	5.23	1	3x3
Relative permeability	{mur11,...	1	1	3x3

– Output properties

Property	Variable	Expression	Unit	Size
Relative permeability	{mur11,...	1	1	3x3
Relative permittivity	{epsilon...	1	1	3x3
Dynamic viscosity	mu	eta(T[1/K])[Pa*s]	Pa*s	1x1
Ratio of specific heats	gamma	1.4	1	1x1

↑ ↓ ↻ ↵

Expression:

– Model inputs

Physical quantity	Variable
Temperature	T
Absolute pressure	pA

Рис.12 – Задание множества параметров модели для симуляции в пакете Comsol Multiphysics

Далее определив физику, которая лежит в основе модели и подключив соответствующие модули, а именно Heat Transfer (теплопередача) и Electromagnetic Waves (электромагнитные волны), задав начальные и граничные условия была построена математическая модель, которая формально состоит из системы дифференциальных уравнений в частных производных, которые проиллюстрированы на рис. 13.

Эту систему Comsol будет решать численно методом конечных элементов. Произведя триангуляцию модели, была построена расчетная сетка (рис. 14), которая учитывала некоторые особенности модели, размер сегментов сетки и требуемая точность вычислений.

В результате было получено решение, которое мы анализировали. Были получены следующие результаты (рис. 15 и рис. 16).

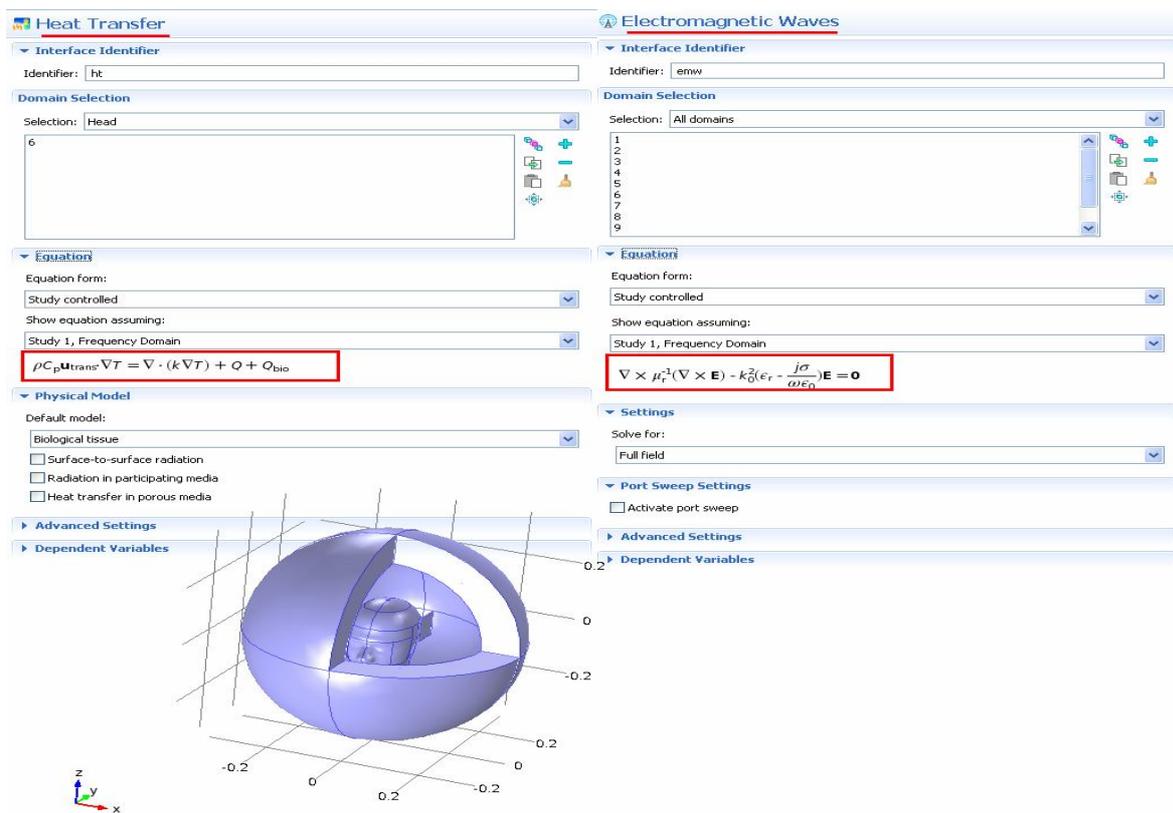


Рис. 13 – Определение физики модели и системы дифференциальных уравнений в частных производных в пакете Comsol Multiphysics

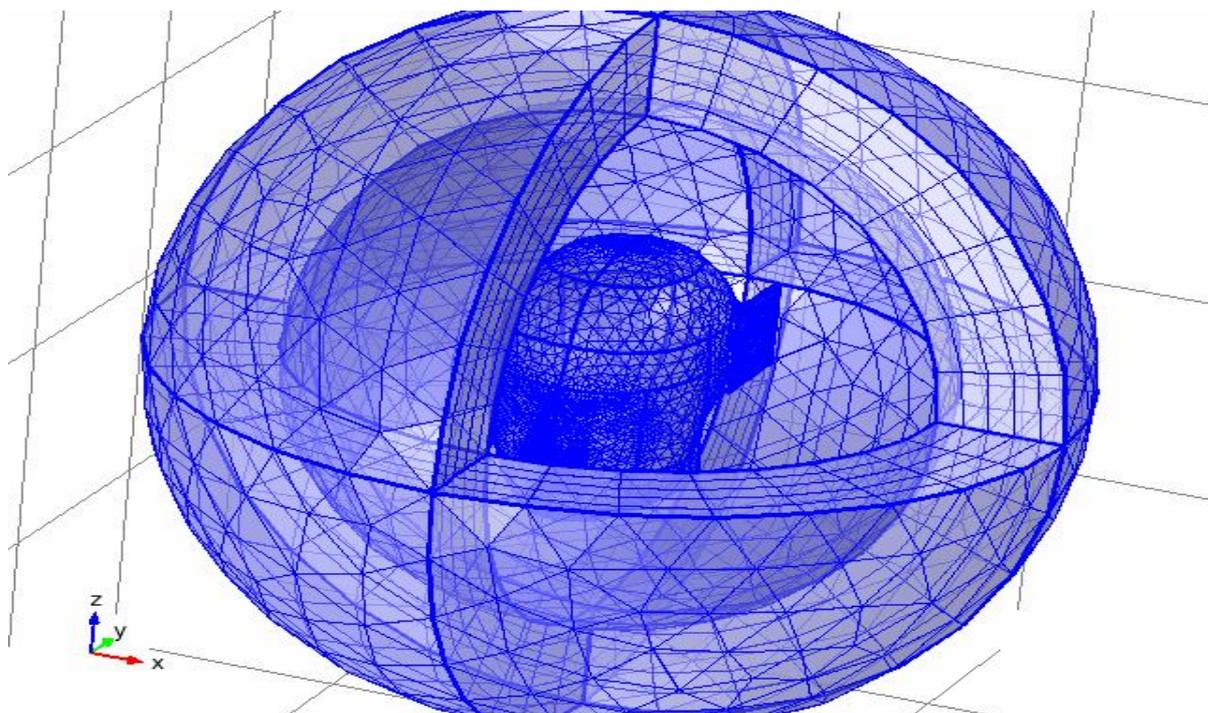


Рис. 14 – Триангулированная расчетная область

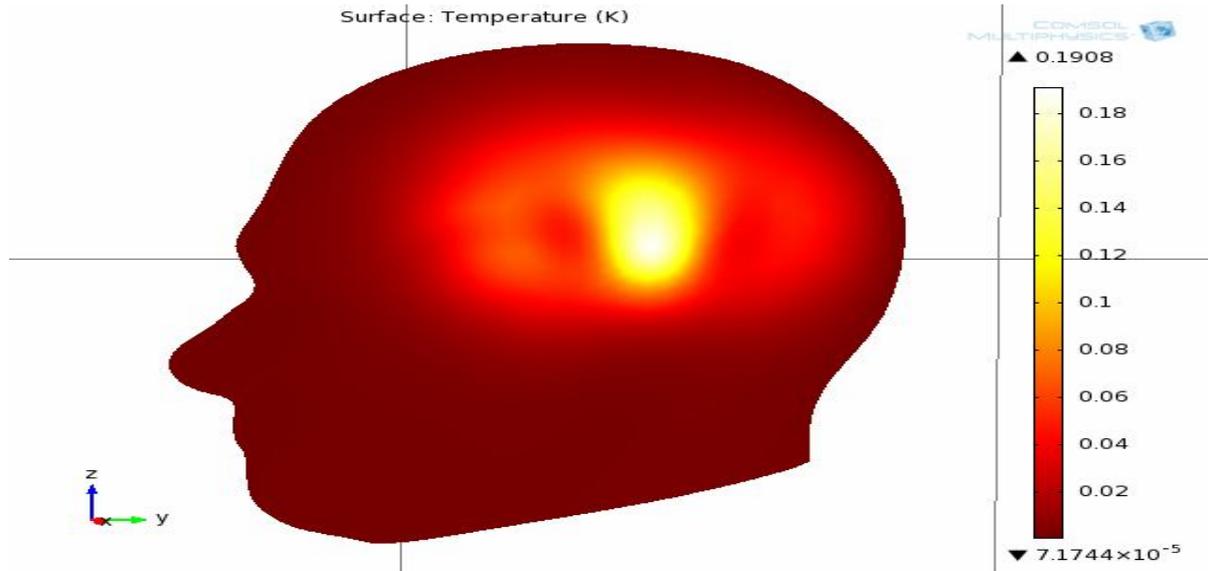


Рис. 15 – Величина повышения температуры тканей головы человека

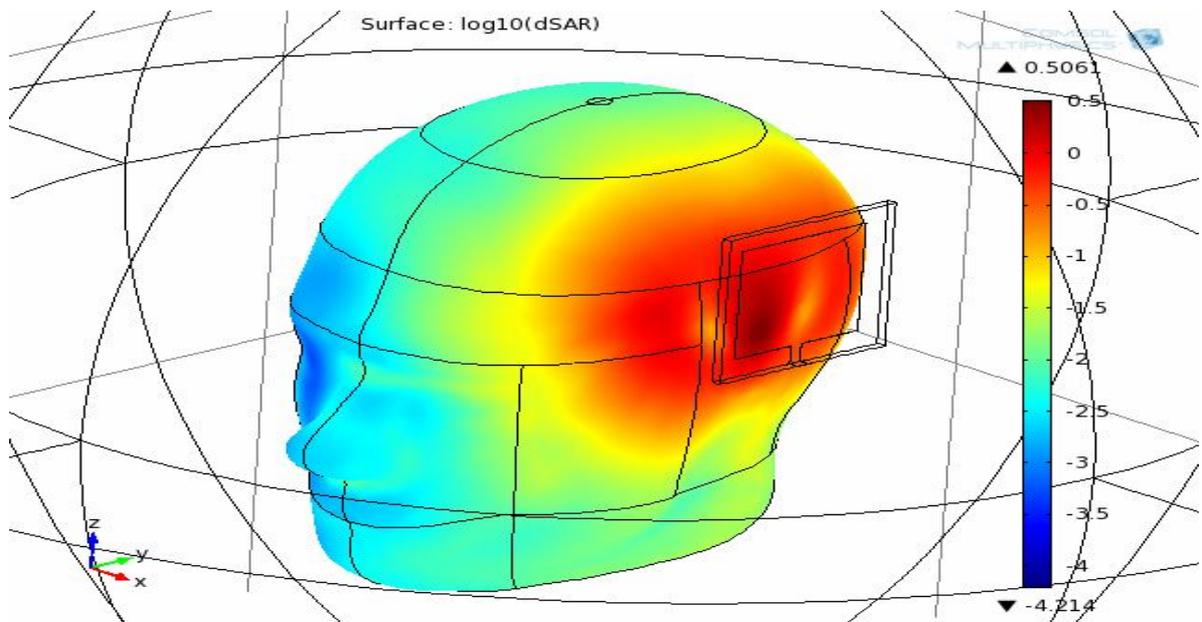


Рис. 16 – Коэффициент поглощения электромагнитной энергии тканями головы человека после воздействия ЭМИ от мобильного телефона

Согласно результатам моделирования, изменение значения температуры головы вследствие воздействия ЭМИ составило 0,2 °С, что является незначительной величиной, а коэффициент поглощения электромагнитной энергии тканями головы человека после воздействия ЭМИ от мобильного телефона (SAR) в локальной зоне выделенной цветом находится в пределах 0,1-3,1 Вт/кг. Величины SAR и плотность потока энергии Π связаны между собой следующим соотношением [9]:

$$SAR = \Pi / \rho l, \quad (1)$$

где SAR - коэффициент поглощения электромагнитной энергии, мВт/г; Π - плотность потока энергии, мВт/см²; ρ - плотность ткани, г/см³; l - длина ткани, см.

Подставляя в уравнение 1 значения SAR, полученные в результате моделирования, и принимая плотность ткани 1г/см³, а глубину проникновения электромагнитных волн 1см, получим расчетные плотности потока энергии Π в пределах 100-3100 мкВт/см², которые превышают

значительно предельно допустимые уровни электромагнитных излучений, установленные в Украине и в России.

Электромагнитные поля наиболее интенсивно действуют на органы с большим содержанием воды. Зачастую эти же органы обладают и слабой терморегуляцией (глаза, хрусталик глаза, мозг, почки, желчный пузырь, желудок), так что для них электромагнитные поля наиболее опасны. Именно поэтому объектом наших исследований был выбран мозг человека.

Выводы

1. На основе всей полученной информации можно сделать вывод о существующей угрозе влияния электромагнитных полей на здоровье и жизнь человека. При этом эффективного средства защиты от электромагнитного излучения обнаружено не было. На основе проведенных экспериментов был сделан вывод о неэффективности исследуемого блокиратора ЭМИ «Гамма-7».
2. Таким образом, можно лишь дать советы, которых стоит придерживаться в повседневной жизни. В первую очередь нужно помнить, что первые секунды при наборе номера или приеме вызова стоит держать телефон подальше от головы. В таком случае у вас меньше шансов пострадать от излучения.
3. Кроме того, помните, что не стоит носить мобильный в кармане брюк. Лучше всего держать ее в обычной сумке.
4. При использовании СВЧ-печи необходимо как можно дальше находиться от работающей печи, так как обеспечить её заземление во многих домах и квартирах весьма проблематично.
5. Следует также помнить, что ЭМИ имеет свойство накапливаться в организме человека, поэтому стоит более внимательно и осторожно относиться к данному вопросу.

Список использованных источников:

1. Болезни от компьютера, профилактика и лечение. – Режим доступа : <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/pcemi.html>.
2. Влияние электромагнитных полей. – Режим доступа : <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/emp.html>.
3. Влияние электромагнитного излучения на здоровье человека. – Режим доступа : http://lazarev.org/ru/interesting/print/vliyanie_elektromagnitnogo_polya_na_cheloveka/.
4. Электромагнитное излучение. – Режим доступа : http://www.narmed.ru/articles/zdorove/elektromagnitnoe_izluchenie?print.
5. Влияние электромагнитного излучения на организм человека. – Режим доступа : <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/svchemi.html>.
6. Вред мобильного телефона. – Режим доступа : http://gym1541.mskzapad.ru/conditions/safety/articles5/vred_mobil_nogo_telefona.
7. Вред мобильного телефона. – Режим доступа: <http://elsmog.ru/index.php/mobtel/mobtel.html>.
8. Comsol Multiphysics. – Режим доступа: <http://www.comsol.com>.
9. Нормы и уровни электромагнитных излучений. – Режим доступа: <http://afu.com.ua/gsm7/normy-elektromagnitnyh-izlucheniya>.

Bibliography:

1. Disease from the computer, prevention and treatment. -The access mode: <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/pcemi.html>.
2. The influence of electromagnetic fields. -The access mode: <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/emp.html>.
3. The influence of electromagnetic radiation on human health. -The access mode: http://lazarev.org/ru/interesting/print/vliyanie_elektromagnitnogo_polya_na_cheloveka/.
4. Electromagnetic radiation. -The access mode: http://www.narmed.ru/articles/zdorove/elektromagnitnoe_izluchenie?print.
5. The influence of electromagnetic radiation on the human body. -The access mode: <http://elsmog.ru/index.php/vliaynieemi/svchemi.html>.
6. Damage your mobile phone. -The access mode: <http://gym1541.mskzapad.ru/conditions/safety/>

articles5/vred_mobil_nogo_telefona.

7. Damage your mobile phone. -The access mode: <http://elsmog.ru/index.php/mobtel/mobtel.html>.
8. Comsol Multiphysics. -The access mode: <http://www.comsol.com>.
9. Standards and levels of electromagnetic radiation. -The access mode: <http://afu.com.ua/gsm7/normy-elektromagnitnyh-izlucheny>.

Рецензент: В.С. Волошин
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.04.2014