

УДК 537.811

Соловской А.С., аспирант
Васильев В.Ю., аспирант

Титов Е.В., доктор технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
имени И. И. Ползунова» (АлтГТУ)

A. S. Solovskoy, postgraduate student

V. Y. Vasiliev, postgraduate student

E. V. Titov, doctor of technical sciences, associate professor
Polzunov Altai State Technical University

К РАЗВИТИЮ ПРИНЦИПОВ КОНТРОЛЯ SAR ОТ ИЗЛУЧАЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ

To DEVELOP the PRINCIPLES of CONTROL the SAR from RADIATING SOURCES

Аннотация: Расширение спектра использования электротехнических устройств, приводят к увеличению масштабов отрицательных последствий воздействия электромагнитного поля на биологические объекты. Установлено, что не только длительное, но и кратковременное воздействие электромагнитного поля радиочастотного диапазона может оказывать неблагоприятное воздействие на людей и животных. Проведен анализ известных лабораторных исследований степени влияния радиочастотного электромагнитного излучения на биологические объекты. Представлены предложения по развитию принципов контроля удельной скорости поглощения электромагнитной энергии.

Ключевые слова: электромагнитное поле, радиочастотный диапазон, электромагнитный мониторинг, SAR, принципы контроля, отрицательные последствия, многочастотное воздействие.

Abstract: The expansion of the spectrum of the use of electrical devices leads to an increase in the scale of the negative effects of the electromagnetic field on biological objects. It has been established that not only long-term, but also short-term exposure to the electromagnetic field of the radio frequency range can have an adverse effect on humans and animals. The analysis of known laboratory studies of the degree of influence of radio frequency electromagnetic radiation on biological objects is carried out. Proposals for the development of the principles of control of the specific rate of absorption of electromagnetic energy are presented.

Keywords: electromagnetic field, radio frequency range, electromagnetic monitoring, SAR, control principles, negative consequences, multi-frequency impact.

В настоящее время повышается степень использования современных информационно-коммуникационных технологий – как при использовании в быту, так и в производственных условиях. Беспроводные устройства, в частности мобильные телефоны, широко используются во всем мире, и уровень радиочастотного излучения стремительно возрастает, в том числе в общественных местах.

Радиочастотное излучение является компонентом электромагнитного поля, охватывающим диапазон частот от 3 кГц до 300 ГГц. Мобильные телефоны появились в начале 2000-х годов, и сегодня в Российской Федерации насчитывается более 260 миллионов пользователей телефонов. Расширение системы сотовой связи значительно повысило уровень и масштабы воздействия радиочастотного излучения. В связи с расширением степени использования мобильных телефонов и других излучающих источников (бытовые излучатели, медицинская рентгеновская аппаратура), уровень облучения населения резко возрос. Поэтому промышленное и бытовое оборудование нуждаются в мониторинге электромагнитной обстановки, которую можно оценить с помощью удельной скорости поглощения (SAR) [1].

Удельная скорость поглощения измеряет количество радиочастотной энергии, поглощаемой различными тканями и органами человека или животного. Характер поглощения электромагнитной энергии разными тканями существенно различается. По этой причине различные производители сотовых телефонов указывают несколько значений SAR (отдельно для головы и остальных частей тела).

Любой излучающий источник является объектом, который в процессе работоспособности генерирует излучение, поэтому нуждается в проверке на SAR. К примеру, значение SAR для мобильных устройств варьируется от устройства к устройству. Воздействие с мобильного телефона локализуется в зависимости от того, где находится телефон, и в рекомендациях для мобильных телефонов указывается максимальный уровень энергии, который может быть поглощен головой или телом.

Мобильные телефоны являются маломощными радиочастотными передатчиками и работают на частотах от 450 МГц до 6 ГГц, а их пиковая мощность составляет от 0,1 до 2 Вт. Мобильный телефон передает сигнал, когда он включен, и значение SAR падает при увеличении расстояния до пользователя. Например, при использовании мобильного телефона на расстоянии 30-40 см от тела (обмен сообщениями или использование Интернета) воздействие радиочастоты будет ниже, чем при близком воздействии мобильного телефона к голове и телу.

Пределы воздействия значения SAR различаются в разных странах. Органы власти, такие как Федеральная комиссия по связи (FCC), Европейский союз (ЕС) и Инноваций, науки и экономического развития Канады (ISED) имеют право для тестирования и определения пределов SAR. В Соединенных Штатах и Канаде мобильный телефон должен соответствовать пределу SAR в 1,6 Вт на килограмм, в среднем измеряемому с 1 г объемом. Это означает, что для получения сертификации FCC или ISED и продажи на рынках максимальный уровень SAR мобильных телефонов не должен превышать этот уровень. В Европейском союзе для получения сертификации ЕС максимальный предел SAR для мобильных телефонов составляет 2,0 Вт/кг в среднем, измеряемый с 10 г объема (таблица 1).

Таблица 1 – Предельная величина SAR

Страна	Сертификация	Предельная величина SAR
США	FCC	1,6 Вт/кг на 1 грамм
Канада	ISED	1,6 Вт/кг на 1 грамм
Страны Европы	CE	2 Вт/кг на 10 грамм
Россия	-	-

Радиочастотное излучение обладает достаточной энергией для создания теплового эффекта в живых клетках и тканях, т.е. электромагнитное поле может генерировать тепло. Тепловая реакция может изменять многие биохимические и физиологические процессы в живых организмах. SAR более 4 Вт/кг может повысить температуру примерно на 1 °С при умеренных условиях, а SAR радиочастотного излучения является фактором, зависящим от времени.

С 1998 года Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) утверждает, что не существует доказательств неблагоприятных биологических эффектов радиочастотного излучения кроме нагрева тканей при воздействии выше установленных пороговых значений. Однако, ряд научных работ подчеркивают необходимость контроля уровня SAR для предостережения необратимых последствий.

В исследовании канцерогенности на животных, проведенном в 2015 году, было выявлено образование глиомы (опухоль) путем воздействия радиочастотного излучения на мышей, хотя уровень был представлен ниже пределов воздействия по сравнению с людьми.

Некоторые работы подчеркивают потенциальный риск развития рака от мобильных телефонов, которые находятся рядом с телом человека. Так, представлены исследования влияния мобильных телефонов в непосредственной близости к телу человека, в результате чего происходит возникновение мультицентрального рака молочной железы [2-3].

В результате быстрых темпов роста технологического прогресса и большей уязвимости нервной системы, возникает ситуация, в которой вли-

яние радиочастотного излучения на детей оказывает большее влияние, чем на взрослых. Исследование [3], моделирующее воздействие радиочастотного излучения на детей возрастом от 3 до 14 лет показывает, что излучение от мобильного телефона проникает в более глубокие структуры мозга, приблизительно равной двойной дозе облучения. Таким образом, подрастающее поколение является одним из наиболее уязвимых слоев к воздействию радиочастотного излучения.

Ряд научных работ показывает, что возрастающее использование мобильных телефонов у детей, которое можно рассматривать как форму аддитивного поведения, связано с эмоциональными и поведенческими расстройствами. Так, при исследовании 25 тысяч детей было выявлено увеличение вероятности эмоциональных и поведенческих трудностей в возрасте 11 лет среди детей, чьи матери сообщали о любом использовании мобильного телефона в возрасте 7 лет, на 23 % [3].

Анализ результатов исследования влияния электромагнитного излучения на организм биологических объектов схематично представлен на рисунке 1.

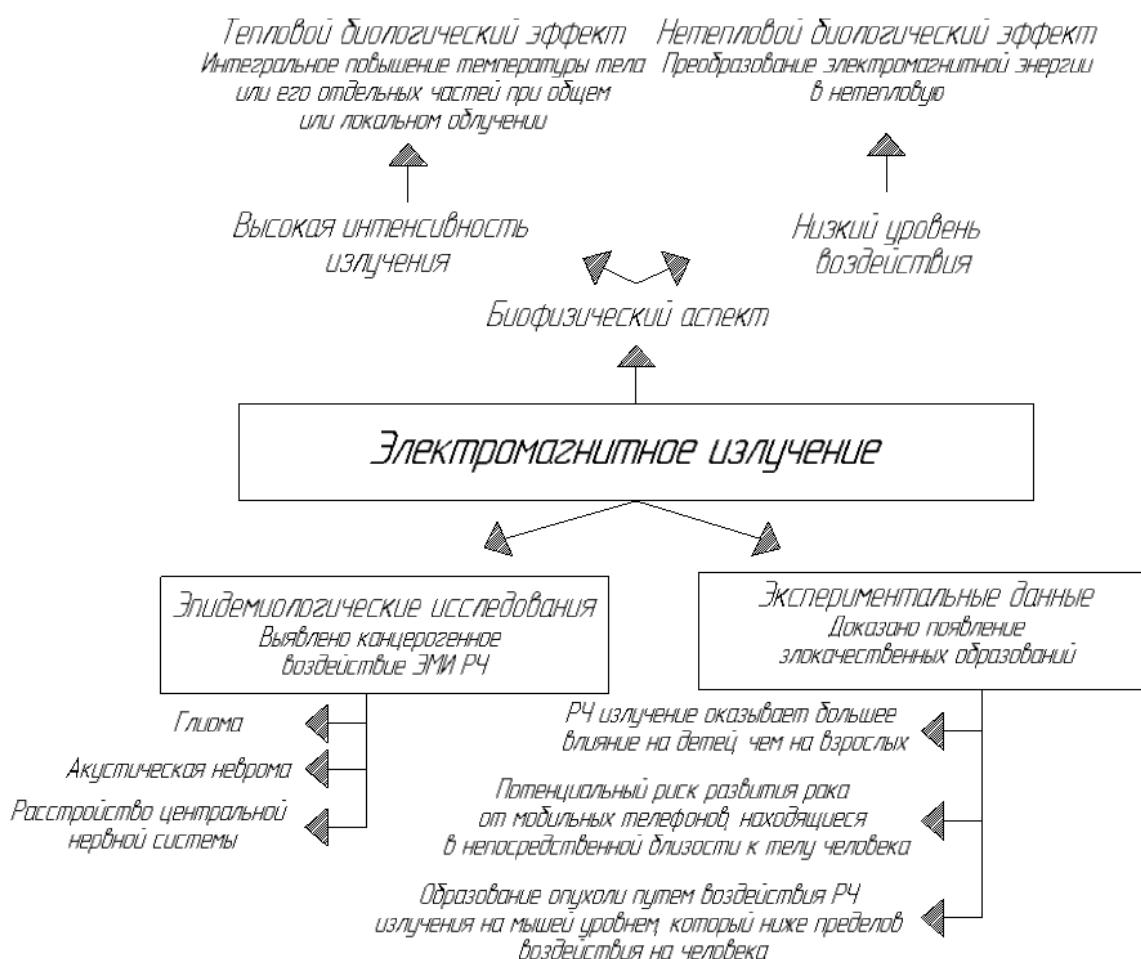


Рис. 1. Анализ результатов исследования влияния электромагнитного излучения

В 2011 году рабочая группа экспертов Международного агентства по изучению рака отнесла радиочастотное излучение от мобильных телефонов к классу 2Б по канцероопасности, т.е опасность признана только потенциальной. В связи с этим Международное агентство по изучению рака приняло решение в период с 2022 по 2024 гг. собрать все данные исследований, проанализировать их с использованием специально разработанного алгоритма и на основе полученных результатов присвоить класс канцероопасности электромагнитного поля радиочастот [2-3].

Биологические эффекты могут проявляться при очень низких уровнях воздействия. Эффект радиочастотного излучения может быть более интенсивным в зависимости от наложения нескольких частотных диапазонов и от продолжительности воздействия. Радиочастотное излучение также может оказывать неблагоприятное воздействие в первые несколько минут.

Расширение количества излучающих источников с различными режимами воздействия генерируемого ими электромагнитного поля широкого частотного диапазона может приводить к опасным последствиям не только для людей, но и животных, рыб, насекомых, растений, почвенных микроорганизмов. Поэтому возникает необходимость развития принципов контроля степени воздействия ЭМП, учитывая многочастотный спектр излучения, длительность излучения и режим работы источников электромагнитного поля, включая внешние и вторичные, особенности состояния биологических объектов, а также дополнительные параметры, в частности SAR, характеризующие электромагнитную обстановку. В развитых странах контроль удельной скорости поглощения электромагнитной энергии проводится в узком частотном диапазоне. Длительное пребывание людей вблизи источников с другими частотными составляющими обосновывает разработку национальных предельно допустимых уровней SAR в расширенном нормируемом диапазоне.

Список литературы

1. Тимошенко, К. М. Исследование воздействия излучения мобильного телефона на организм человека / К. М. Тимошенко, В. В. Паслен // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017" : Материалы 13-й международной молодежной научно-технической конференции, Севастополь, 20–24 ноября 2017 года / Под ред. А.А. Савочкина. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2017. – С. 53.
2. Яргин С.В. О биологическом действии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Сибирский научный медицинский журнал. 2019; 39 (5): 52–61. doi: 10.15372/SSMJ20190506.

3. Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL (2019) Risks to Health and Well-Being From Radio-Frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Front. Public Health* 7:223. doi: 10.3389/fpubh.2019.00223.

References

1. Timoshenko, K. M. Investigation of the effects of mobile phone radiation on the human body / K. M. Timoshenko, V. V. Nightshade // Modern problems of radio electronics and telecommunications "RT-2017" : Materials of the 13th International Youth Scientific and Technical Conference, Sevastopol, November 20-24, 2017 / Edited by A.A. Savochkin. - Sevastopol: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", 2017. - p. 53.
2. Yargin S.V. On the biological effect of electromagnetic radiation of the radio frequency range. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2019; 39 (5): 52–61. doi: 10.15372/SSMJ20190506
3. Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL (2019) Risks to Health and Well-Being From Radio-Frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Front. Public Health* 7:223. doi: 10.3389/fpubh.2019.00223.