

УДК 537.811

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ ОТ РАССТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ИЗЛУЧАЮЩЕГО ИСТОЧНИКА

Соловской А. С., аспирант гр. 0ТМехЭ-12, I курс

Научный руководитель: Титов Е. В., д.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет  
имени И.И. Ползунова, г.Барнаул

Жизнедеятельность человека характеризуется условиями его обитания и взаимодействия с окружающей средой, пронизанной тремя группами физических полей [1]: полями естественного происхождения, техногенными (искусственными) полями (созданными в результате практической деятельности человека) и полями биологических объектов (в том числе и человека). Наиболее существенными из физических полей являются электромагнитные поля (ЭМП). Влияние естественного электромагнитного загрязнения на человека, как правило, минимизировано в результате генетической адаптации с течением времени. Однако техногенные поля в последние десятилетия приобретают роль глобального загрязнения.

В связи с расширением сферы применения источников, формирующие искусственное ЭМП, неоднократно поднимался вопрос о безопасности использования определенного устройства, излучающее ЭМП в ГГц диапазоне на человека. Во время облучения важно проанализировать распределение температуры и удельной скорости поглощения электромагнитной энергии (SAR) тканей тела, для сравнения с пределами, установленными Международным комитетом по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [1-2].

Значения SAR показывают мощность излучения мобильного телефона, поглощаемую человеком в определенном объеме тканей тела, соответствующем 1 г или 10 г тканей тела, и измеряется в ваттах на килограмм (Вт/кг) [9-12]. Безопасный предел SAR выбирается для возможного влияния максимального воздействия электромагнитного излучения без внесения биологических изменений в здоровье человека. Кроме того, предел SAR установлен в 2 Вт/кг, усредненный по любой ткани 10 г (для 1 г – 1,6 Вт/кг), был рекомендован ICNIRP [2].

Еще до стандартизации измерений SAR проводились исследования для разработки методов и материалов, позволяющих обеспечить пользователю эффективную защиту от излучения, формируемые мобильным телефоном. Уменьшение SAR мобильных телефонов было важной задачей, однако количественная оценка эффективности экранирования не проводилась. В 2003 году в исследовании [3] были охарактеризованы защитные материалы для двух моделей мобильных телефонов. Результаты показали, что эффективность

снижения SAR зависит от положения экранирующего материала относительно телефона и от типа телефонной антенны.

В период 2005-2014 годов интенсивно проводятся исследования [3-4] по анализу эффективности снижения SAR за счет использования различных экранирующих материалов – алюминия, магнитного материала, ферритовых листов, резистивных сплавов, метаматериала. Представленные результаты подчеркивали зависимость между уменьшением (увеличением) значения SAR и положением экрана, его размером, расстоянием от мобильного телефона до человека и его расположением.

1 июня 2017 года Национальное агентство (ANFR) Франции опубликовало результаты измерений SAR мобильного телефона свыше 100 моделей, проводимые с января 2012 года с использованием модели SAM [5]. Результаты представлены для использования телефона при непосредственном прижимающем эффекте и на расстоянии от 5 до 20 мм, рекомендованные некоторыми производителями мобильных телефонов.

Исследования проводились для измерения SAR усредненного по любой ткани 10 г в трех положениях – на определенном расстоянии S (5, 10, 15 или 25 мм), на расстоянии 5 мм и 0 мм. В таблице 1 представлены результаты измерений уровня SAR некоторых моделей мобильных телефонов.

Анализ таблицы показывает, что уровень SAR представленных моделей мобильных телефонов соответствуют установленным рекомендациям, однако в случаях близкого размещения устройства (0 мм) превышают контролируемые уровни SAR в 1,6 – 3,7 раза. Процентное увеличение SAR представляет расчетное увеличение SAR при уменьшении расстояния на каждый миллиметр S до 0 и 5 мм соответственно, варьируемое от 7% до 37 %.

Модели, представленные в таблице 1, не соответствуют требованиям SAR, установленными ICNIRP, Европейским стандартом и стандартом FCC США, в силу следующих соображений – ICNIRP устанавливает значение SAR 10 г не более 2 Вт/кг, а FCC США требует перерасчета на 1 г SAR, равный 1,6 Вт/кг. Анализ литературы [4-5] показывает, 1 г SAR превышает в 2,5 – 3 раза 10 г SAR.

Кроме расстояния, существенным фактором увеличения (уменьшения) значения SAR выступает изменения угла наклона между мобильным телефоном и головой человека. Проведенное исследование [6] показывает, что при увеличении угла наклона уменьшается не только значение SAR, но и температура в голове пользователя при воздействии электромагнитных волн от мобильных телефонов. На рисунке 1 представлены значения SAR и температуры в зависимости от изменения угла наклона на частотах 900 МГц (рисунок 1а) и 2 ГГц (рисунок 1б), начиная с 0 градусов до 25 градусов с интервалом в 5 градусов.

Таблица 1 – Значения SAR моделей мобильных телефонов на расстоянии S

Производитель	Модель	Значения SAR от S	SAR (5 мм)	SAR (0 мм)	Процентное увеличение SAR	
					от S до 0 мм	от 5 до 0 мм
SAMSUNG	GALAXY J7 (SM-J710FN)	1,29 (5 мм)	1,29	3,56	29%	29%
ECHO	NOTE	1,35 (5 мм)	1,35	4,15	32%	32%
APPLE	IPHONE 6 PLUS A1524	1,11 (5 мм)	1,11	3,17	29,5%	29,5%
ALCATEL	ONE TOUCH IDOL 2 MINIS S	0,85 (10 мм)	1,67	3,18	15,7%	17%
APPLE	IPHONE 5	0,82 (10 мм)	1,45	5,3	23%	37%
YEZZ	ANDY 4EL2LTE AM4E2L137	0,69 (10 мм)	1,6	3,26	18,8%	19,4%
SAMSUNG	GALAXY A5 (SM-A510F)	0,35 (15 мм)	1,39	3,12	17%	22,5%
HONOR	X5	0,53 (15 мм)	2,02	3,49	14%	14,5%
HUAWEI	ASCEND P7	0,45 (15 мм)	1,41	2,72	13,5%	17,7%
MOTOROLA	GLEAM +	0,44 (25 мм)	1,39	2,18	7%	12%
CROSSCALL	ODYSSEY S1 0951.BO-NN040	0,66 (25 мм)	2,96	5,86	9,5%	18,5
MOTOROLA	RAZR I	0,51 (25 мм)	2,27	5,51	10,4%	24,7%

Так, при увеличении угла наклона на частоте 900 МГц происходит уменьшения значения SAR с 3,8 Вт/кг до 2 Вт/кг, а на частоте 2 ГГц – с 2 Вт/кг до 1 Вт/кг. С увеличением угла наклона уменьшается и температура. Так, на частоте 900 МГц происходит снижение значений температуры с 0,3 °C до 0,16 °C, на частоте 2 ГГц – с 0,22 °C до 0,13 °C.

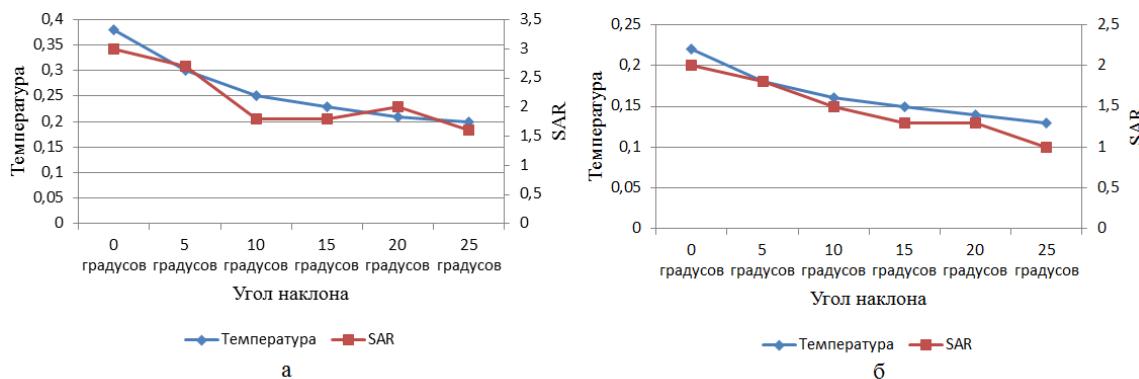


Рисунок 1 - Значения SAR и температуры в зависимости от угла наклона

Радиационное воздействие электромагнитных волн в значительной степени зависит от интенсивности излучения, от расстояния источника излуче-

ния и от угла наклона при взаимодействии с источником излучения. В связи с этим необходимо контролировать уровень SAR излучающих источников для адекватной оценки электромагнитной обстановки. Исследования [7-8], направленные на изучения влияния SAR на организм человека, доказывают определенную необходимость контроля уровня SAR. Однако, в Российской Федерации уровень SAR не контролируется и отсутствует нормативно-правовая документация по учету уровня поглощения. Поэтому, необходимо разработать подход к учету уровню SAR не только в дальней зоне, но и в ближней зоне излучения для оценки электромагнитной обстановки.

### **Список литературы:**

1. Акимов, М. Н. Природные и техногенные источники неионизирующих излучений : учебное пособие / М. Н. Акимов, С. М. Аполлонский. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-2299-9.
2. Акимов, М. Н. Основы электромагнитной безопасности : учебное пособие / М. Н. Акимов, С. М. Аполлонский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2095-7.
3. Fung, L. & Leung, Sai Wing & Chan, Kwok-Hung Experimental study of SAR reduction on commercial products and shielding materials in mobile phone. *Microwave and Optical Technology Letters.* 36. 419 – 422, 2003, 10.1002/mop.10780.
4. Kakirde, Amey & Sinha, Bharoti & Sinha, Sachendra Reduction in SAR using RF shields made of nickel-zinc spinel ferrite at 2.4 GHz. *IETE Journal of Research.* 54, 2008, 10.4103/0377-2063.44234.
5. O. P. Gandhi, "Microwave Emissions From Cell Phones Exceed Safety Limits in Europe and the US When Touching the Body," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 47050-47052, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2906017.
6. C. Gunduz, S. S. Seker, F. C. Kunter and O. Cerezci, "Temperature and SAR distribution in human head from mobile phone of 2G, 3G, 4G using FEM modeling," 2017 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), 2017, pp. 1-2, doi: 10.1109/ISANP.2017.8228866.
7. Верещако, Г. Г. Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство / Г. Г. Верещако. – Минск : Белорусская наука, 2015. – 191 с. – ISBN 978-985-08-1836-2.
8. Яргин С.В. О биологическом действии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Сибирский научный медицинский журнал. 2019; 39 (5): 52–61. doi: 10.15372/SSMJ20190506.