

Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - «Муром 2020»

## **Анализ результатов измерения дозиметром Мера уровня электромагнитного излучения, создаваемого мобильными средствами связи**

А.С. Дмитриев, В.В. Ицков, А.И. Рыжов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, E-mail: chaos@cplire.ru*

*Для решения задачи оценки уровня «электромагнитном смога» предлагается создание специальных измерительных устройств – дозиметров электромагнитного излучения. В работе предложено и описано устройство «Мера», которое отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к дозиметрам. Рассмотрены принципы его работы и характеристики. Представлены первые экспериментальные данные по применению устройства.*

*Creation of special measurement devices – electromagnetic radiation dosimeters – is proposed in order to solve the task of estimation of electromagnetic smog level. Device «Mera» is proposed and described in this work, which meets all the requirements for dosimeters of such type. Its principles of operation and characteristics are treated. The first experimental results considering application of this dosimeter are presented.*

### **Введение**

Рост интенсивности электромагнитного микроволнового излучения антропогенного происхождения в окружающем пространстве привел к тому, что большая часть населения планеты вынуждена постоянно находиться в «загрязненной» этими излучениями среде – «электромагнитном смоге».

При определенных уровнях (граница снизу плохо изучена) плотности мощности микроволновое излучение может оказывать негативное влияние на людей и биологическую среду в целом [1-3]. Ситуацию осложняет пространственная и временная неравномерность излучения. Для адекватного понимания уровня воздействия нужны достаточно долговременные измерения, которые должны проводиться (и их результаты должны фиксироваться), применительно либо к определенному месту, либо к конкретному биологическому объекту (например, человеку) или даже его определенной части.

### **Дозиметр Мера**

Для решения задачи длительного мониторинга уровня электромагнитного излучения был разработан дозиметр Мера. Внешний вид устройства и его упаковки показан на рис. 1. Основой разработанного устройства является гиперширокополосный приемник с рабочей полосой частот от 800 МГц до 8000 МГц (отношение верхней рабочей частоты к нижней 10:1), динамическим диапазоном 55 дБ и чувствительностью около 3 нВт.

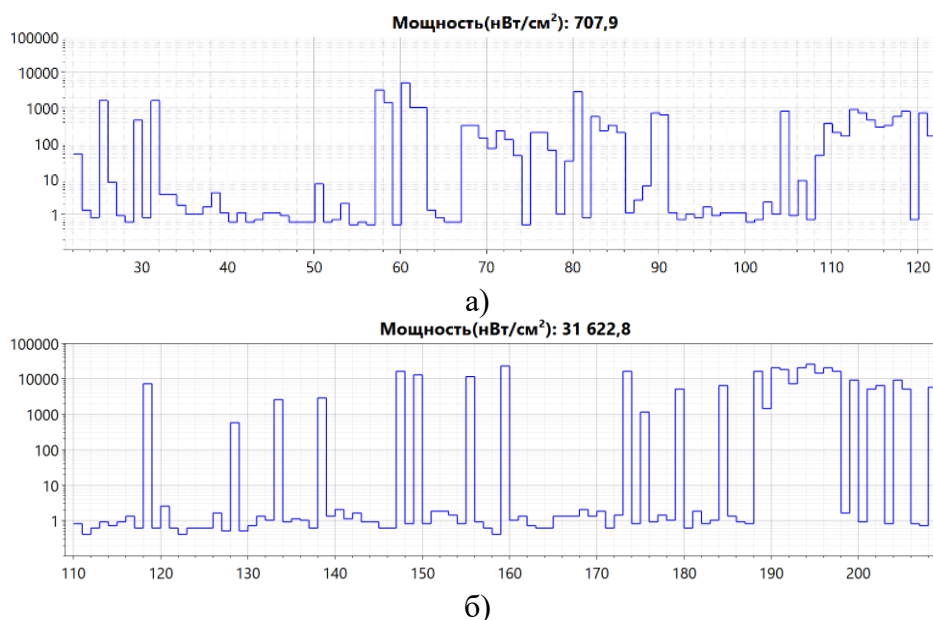


**Рис. 1. Внешний вид устройства и его упаковки**

Работа приемника управляется микроконтроллером. Приемник периодически (раз в секунду) измеряет мощность поступающего сигнала и записывает его в память. Данные с устройства можно наблюдать в двух режимах: в реальном времени просматривать текущие данные (в этом режиме можно наблюдать измеренное значение раз в секунду), или просматривать историю сохранённых измерений, где данные могут накапливаться в течение 6 месяцев в энергонезависимой памяти (здесь данные копятся с интервалом 1 минута, где каждое сохранённое значение является усреднённым за 60 секунд). Устройство имеет размеры 85 мм x 50 мм x 5 мм, масса менее 30 г, его время автономной работы от аккумулятора составляет не менее 50 дней.

### Первые исследования с использованием опытных образцов

*Моделирование интенсивности излучения вблизи головы человека.* На рис. 2 показано поведение плотности электромагнитного поля на расстоянии 10 см от смартфона, работающего в режиме точки доступа Wi-Fi при передаче видеопотока на другой смартфон. Из графика на рис 2а видно, что интенсивность потока время от времени превышает несколько микроватт на квадратный сантиметр, но не достигает уровня  $10 \text{ мкВт/см}^2$ .



**Рис. 2** Режим реального времени. Работа смартфона в режиме точки доступа WiFi: (а) расстояние до дозиметра 10 см; (б) расстояние до дозиметра 1 см

Ситуация в значительной степени меняется если поднести дозиметр на расстояние в 1 см. В этом случае значительную часть времени уровень сигналы превышает  $10 \text{ мкВт/см}^2$  и достигает значений в несколько десятков  $\text{мкВт/см}^2$  (рис. 2б).

#### *Эксперименты в метрополитене.*

В ходе испытаний дозиметра «Мера» были проведены оценочные эксперименты по определению уровня электромагнитного излучения в московском метрополитене.

В экспериментах использовалось следующее оборудование: измеритель уровней электромагнитных полей EMR-300; дозиметр «Мера»; ноутбук с соответствующим ПО для обработки сигналов с дозиметра.

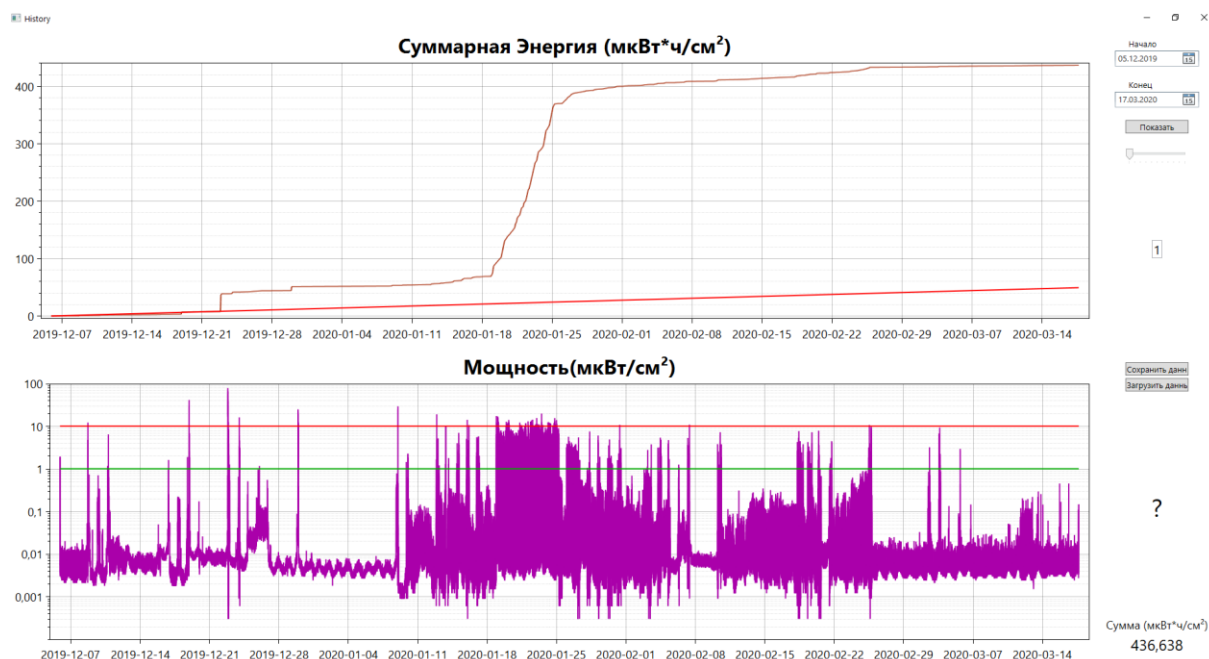
На перроне станции метрополитена прибором EMR-300 были зафиксированы значения в диапазоне  $0.5 - 1.5 \text{ мкВт/см}^2$ . Затем были проведены измерения внутри вагона метро, при среднем заполнении пассажирами. Результаты измерений при

помощи EMR-300 показали пиковые значения принимаемой мощности электромагнитного излучения в пределах 0.5-10 мкВт/см<sup>2</sup>.

Далее в течении нескольких дней производилась автоматическая показаний снятие показаний дозиметра при поездках в вагоне метро. Это позволило определить диапазон изменений принимаемой плотности излучения. Он составил от 0.1 до 8.0 мкВт/см<sup>2</sup>, что в целом согласуется с данными измерений, полученных в контрольных измерениях с помощью измерителя электромагнитного поля EMR-300.

*Систематические измерения.* Персональный дозиметр микроволнового излучения Мера использовался в период с 05.12.2019 по 17.03.2020. При этом суммарно устройством была зарегистрирована принятая энергия в количестве 436.6 мкВт\*ч/см<sup>2</sup> (без учёта специальных измерений – 94.1 мкВт\*ч/см<sup>2</sup>)

На рис. 3 приведены общие графики принятой суммарной энергии (в мкВт\*ч/см<sup>2</sup>) и мощности (мкВт/см<sup>2</sup>), полученные за всё время эксплуатации дозиметра.



**Рис. 3. Данные, накопленные дозиметром за всё время использования.**

По характеру данных здесь можно выделить 4 основные зоны, подробные результаты измерений приведены в табл. 1, в скобках указаны значения с учётом проводившихся специальных измерений. Значения, указанные в последних двух столбцах, являются экстраполированными величинами.

Остановимся подробнее на первой и третьих зонах. Первая зона соответствует временному промежутку с 05.12.2019 по 30.12.2019. В это время были проведены специальные измерения, посвященные получению информации об уровне электромагнитного излучения, создаваемом сотовым телефоном при осуществлении связи в режимах LTE и 2G. В ходе испытаний телефон находился в режиме звонка в течение часа, дозиметр располагался непосредственно на телефоне. Этим испытаниям соответствуют пики на рис. 3, превышающие значения 10 мкВт /см<sup>2</sup>. Подробные количественные характеристики приведены в табл. 2.

По этим результатам видно, что, несмотря на малую общую длительность специальных измерений, они вносят существенный вклад в суммарную накопленную энергию всего временного промежутка измерений с 05.12.2019 по 30.12.2019, а именно: 41.5 мкВт\*ч/см<sup>2</sup> из 51.2 мкВт\*ч/см<sup>2</sup>, что составляет более 80% от суммарной

накопленной энергии за данный временной интервал. Кроме того, стоит отметить, что одно из значений энергий, накопленное в испытаниях с 2G каналом, экстраполированное на длительность суток, составляет около 700 мкВт\*ч/см<sup>2</sup>, что превышает норму СанПиН в 200 мкВт\*ч/см<sup>2</sup> в несколько раз.

**Таблица 1. Результаты систематических измерений с дозиметром Мера**

Начало	Конец	Накоплено (мкВт*ч/см <sup>2</sup> )	Число дней	Среднее в день (мкВт*ч/см <sup>2</sup> )	Среднее в месяц (мкВт*ч/см <sup>2</sup> )
05.12.2019	30.12.2019	9.7 (51)	26	0.04 (2.0)	1.2 (59)
31.12.2019	08.01.2020	2	9	0.2	6.7
09.01.2020	25.02.2020	79.8 (380)	48	1.67 (7.9)	49.9 (237)
26.02.2020	17.03.2020	3.6	21	0.2	5.1
ИТОГО					
05.12.2019	17.03.2020	95.1 (436)	104	0.91 (4.2)	27.4 (125)

**Таблица 2. Специальные измерения, проводившиеся с сотовым телефоном.**

Время начала	Время конца	Длительность интервала (сут)	Накоплено всего (мкВт*ч/см <sup>2</sup> )	За сутки (мкВт*ч/см <sup>2</sup> )
LTE				
18.12.2019 21:58	18.12.2019 22:58	0.042	3.5	84
2G				
22.12.2019 20:00	22.12.2019 21:00	0.042	28.8	692.16
23.12.2019 23:41	24.12.2019 1:01	0.056	2.53	45.54
29.12.2019 22:00	29.12.2019 23:00	0.042	6.69	160.56

Третья зона соответствует временному промежутку с 09.01.2020 по 25.02.2020. Дозиметр в это время находился в домашних условиях на расстоянии 10-20 см от роутера. Кроме того, были проведены специальные измерения с 18.01.2020 по 25.01.2020, когда дозиметр располагался непосредственно на роутере. Суммарно за это время дозиметром было накоплено 379.8 мкВт\*ч/см<sup>2</sup> энергии (300 мкВт\*ч/см<sup>2</sup> за время специальных измерений).

В среднем при работе в городской среде, а также нахождении в домашних условиях среднее значение принимаемой плотности мощности излучения в сутки составляют 0.04...1.67 мкВт\*ч/см<sup>2</sup>, повышаясь в условиях использования общественного транспорта, а также при приближении к активным источникам радиоизлучения. Отдельно стоит отметить сильное влияние на регистрируемые измерения близко расположенных Wi-Fi станций, которые в данном случае повысили среднесуточный уровень излучения до 4.2 мкВт/см<sup>2</sup>.

### **Выводы**

Рассмотрена проблема оценки уровня интенсивности микроволнового электромагнитного излучения на элемент площади за длительное время в определенном месте пространства или в привязке к биологическому объекту.

Представлено разработанное устройство «Мера», которое удовлетворяет основным требованиям к персональным дозиметрам электромагнитного микроволнового излучения, и приведены некоторые результаты его применения.

### **Литература**

1. Ю.Б. Зубарев. Мобильный телефон и здоровье. М.: Библио Глобус. 2018. 160 с.
2. Ю.Г. Григорьев, О.В. Григорьев. Сотовая связь и здоровье (электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности). М.: Экономика. 2016. 574 с.
3. О.А. Григорьев, Ю.Б. Зубарев. Внимание: мобильный телефон! // Вестник связи. 2019. № 9. С. 46-48.