

*Г. А. Прудников, А. Н. Стожаров*

## **Синхронная регистрация электроэнцефалограммы и мощности излучения мобильного телефона**

*Белорусский государственный медицинский университет*

Разработана компьютеризированная система синхронной регистрации мощности излучения мобильного телефона и биоэлектрической активности мозга с возможностью последующего спектрального анализа полученных данных. Показано, что излучение мобильного телефона не создает артефактов на электроэнцефалограмме.

Ключевые слова: мобильные телефоны, излучение, электроэнцефалограмма, спектральный анализ.

Известно, что мобильные телефоны испускают высокочастотное неионизирующее электромагнитное излучение. При этом плотность мощности данного излучения не является постоянной, а имеет выраженную модуляцию в области 0.1 – 100 Гц [1]. Имеются также сведения, что использование мобильной связи может приводить к изменению функций ЦНС [2]. Одним из гипотетических механизмов изменения функций ЦНС в условиях применения мобильных телефонов может явиться торсионный или информационный механизм. Считается, что реализация этого торсионного эффекта обусловлена возникновением резонанса между низкочастотной модуляцией мощности излучения мобильного телефона и частотами биоэлектрической активности мозга в диапазоне до 100 Гц [2, 3]. Однако однозначные доказательства о наличии такого торсионного эффекта и о его вкладе в нарушение деятельности ЦНС по-прежнему отсутствуют.

Для изучения возможных эффектов излучения мобильных телефонов на изменение функций ЦНС важно иметь возможность одновременной регистрации мощности излучения мобильного телефона и биоэлектрической активности мозга.

Целью настоящей работы явилась разработка методики синхронной регистрации плотности мощности излучения мобильного телефона и ЭЭГ с возможностью последующего спектрального анализа полученных данных.

Материалы и методы

Опыты проводились на 6 добровольцах женщинах в возрасте 20-22 лет, давших письменное информированное согласие на проведение исследований.

Регистрация электроэнцефалограммы осуществлялась с помощью биполярного отведения с наложением активных электродов в областях F3 и F4. Референтный электрод накладывался на правое ухо испытуемых. Сигнал от электродов усиливался с помощью усилителя биопотенциалов УБ-02 в 5000 раз, фильтровался в диапазоне 0.1–60 Гц, оцифровывался с помощью АЦП ADC14-8D («Спецприбор», Беларусь) с частотой дискретизации 200 Гц.

Плотность мощности излучения мобильного телефона регистрировалась с помощью прибора HF-Detector с отключенным зуммером. В целях гальванической развязки аналоговый выход от детектора подавался через резистор сопротивлением 1 кОм на управляющие входы оптопары РС817. На управляемые входы оптопары, через резистор 100 Ом подавалось напряжение

ЗВ. Сигнал с выходов оптопары снимался от контактов последовательно включенного потенциометра сопротивлением 100 Ом. Далее сигнал подавался к усилителю биопотенциалов УБ-02, отрицательный вход которого заземлялся, усиливался в 150 раз, фильтровался в диапазоне 0.1–60 Гц, оцифровывался с помощью АЦП ADC14-8D («Спецприбор», Беларусь) с частотой дискретизации 200 Гц и, наряду с электроэнцефалографическим сигналом, регистрировался с помощью авторской программы реализованной в среде C/C++. Записанные цифровые данные ЭЭГ и плотности мощности излучения телефона хранились на винчестере компьютера для последующей обработки off-line.

Запись биоэлектрической активности и мощности мобильного телефона проводилась по 5 минут при удерживании у левого уха включенного телефона в режиме соединения со справочной службой МТС (набор номера 0890). Для отключения звука телефона использовался аудио стерео-штырь, вставленный в гнездо, предназначенное для вывода звукового сигнала от телефона на наушники. В ходе опытов использовался мобильный телефон Sony Ericson J130 со средней плотностью мощности излучения равной 75 мкВт/см<sup>2</sup>.

Последующая цифровая обработка записанных сигналов проводилась с помощью быстрого оконного преобразования Фурье данных, набранных в скользящем окне Ханнинга продолжительностью 0.25с в диапазоне 0.17 – 66.17 Гц с шагом частот равным 2 Гц. Далее рассчитывалась нормализованная величина и ее стандартное отклонение для абсолютного значения спектральной плотности мощности излучения, которая отражала процентный вклад мощности излучения отдельных спектров [4, 5, 6, 7].

Результаты и обсуждение

В ходе проведенных опытов были получены цифровые синхронные записи мощности излучения мобильного телефона и ЭЭГ (рисунок 1).

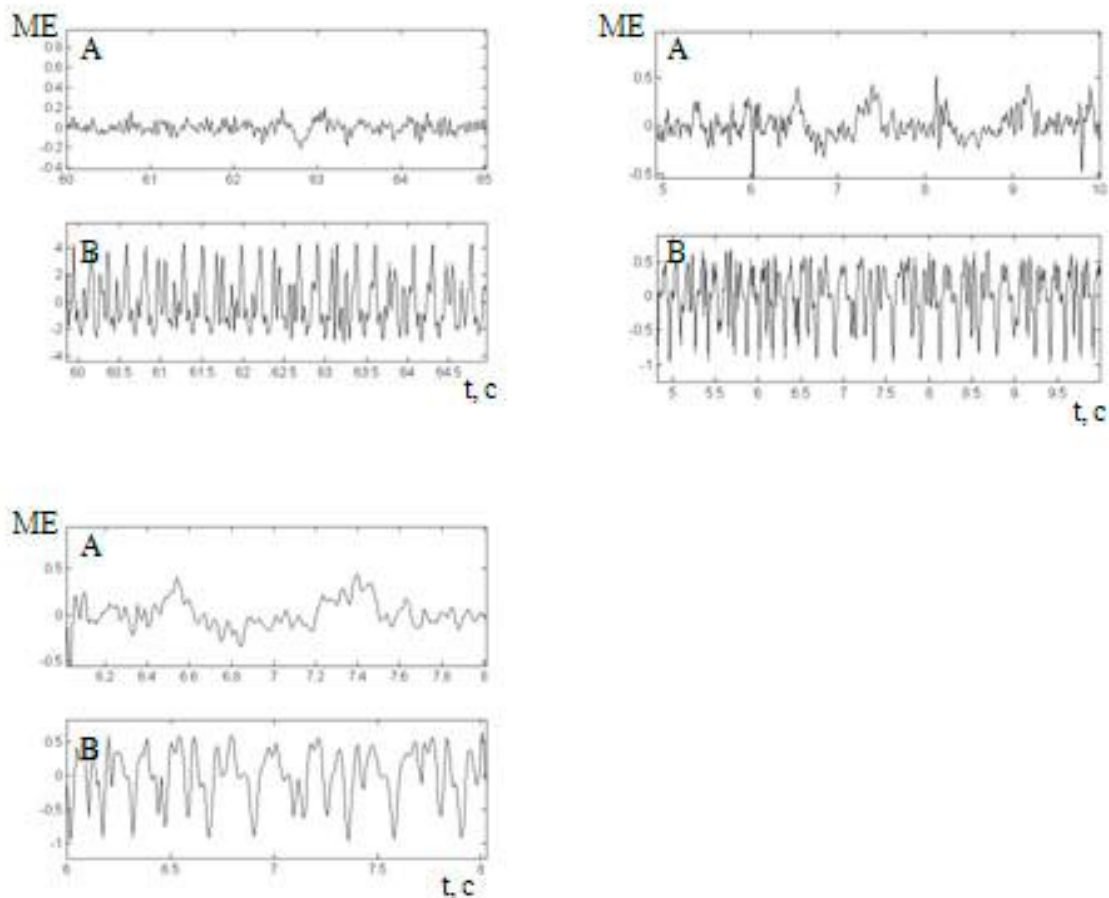


Рисунок 1. Синхронная регистрация электроэнцефалограммы и мощности излучения мобильного телефона  
 Ось X – времени регистрации. Ось Y - амплитуда ЭЭГ и величина мощности излучения телефона в машинных единицах.

В процессе визуального анализа записанных сигналов не было выявлено очевидной схожести, зарегистрированных на разных каналах усилителя, мощности излучения мобильного телефона и ЭЭГ. Это позволяет предположить, что излучение мобильного телефона не оказывало существенного влияния на канал усилителя, по которому записывалась электроэнцефалограмма.

Для более детальной оценки характера записанных цифровых данных был проведен их спектральный анализ.

Было выявлено, что на спектрограммах мощности излучения мобильного телефона имеются выраженные пики в области частот 6, 8, 14 и 26 Гц. Это свидетельствует о существенной низкочастотной модуляции электромагнитного излучения мобильного телефона. Удельное значение спектральной плотности мощности излучения в отдельных записях для данных частот составляло от  $11.0 \pm 5.0\%$ ,  $9.0 \pm 3.7\%$ ,  $6.0 \pm 3.0\%$ ,  $3.3 \pm 2.0\%$  и до  $14.0 \pm 2.0\%$ ,  $11.1 \pm 4.8\%$ ,  $7.0 \pm 3.0\%$ ,  $7.0 \pm 3.0\%$ , соответственно (рисунок 2А). Средние значения спектральной плотности мощности излучения на вышеуказанных частотах для всех опытов составляли  $12.0 \pm 2.0\%$ ,  $10.3 \pm 1.5\%$ ,  $6.5 \pm 1.0\%$ ,  $5.0 \pm 2.0\%$ , соответственно (рисунок 3А).

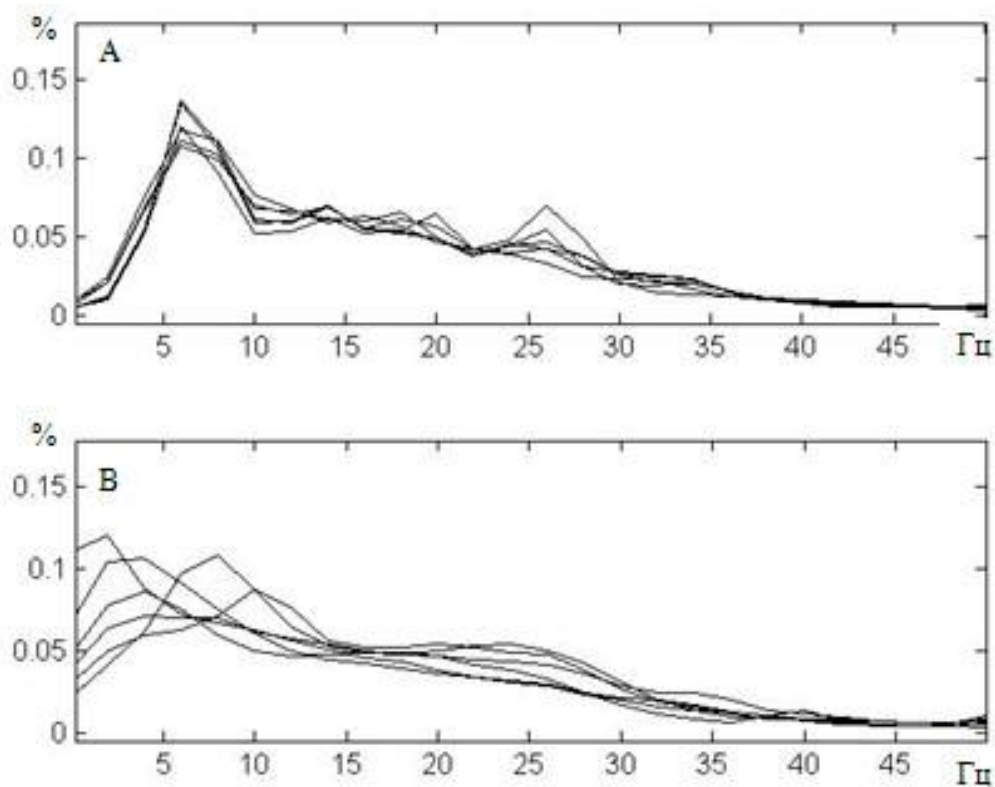


Рисунок 2. Удельное значение спектральной плотности мощности единичных записей излучения мобильного телефона (А) и электроэнцефалограммы (В)  
Ось X – частота. Ось Y - удельное значение спектральной плотности мощности.

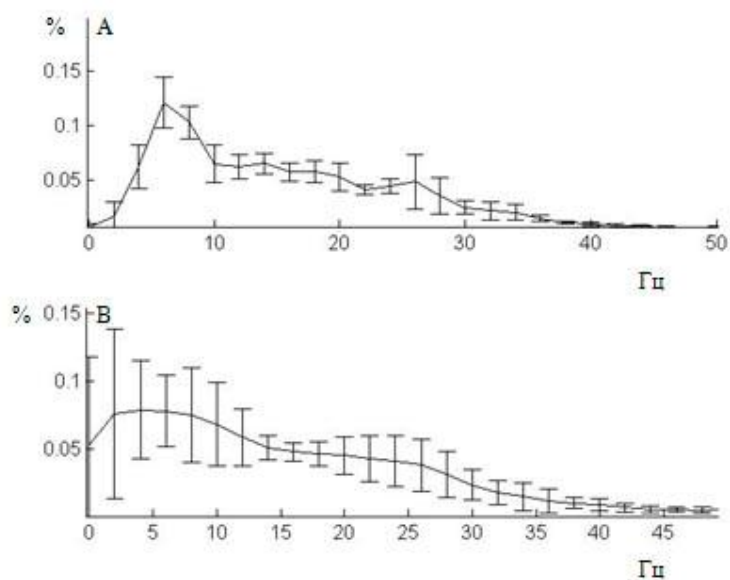


Рисунок 3. Удельное значение спектральной плотности мощности усредненное для всех записей излучения мобильного телефона (А) и электроэнцефалограммы (В)  
Ось X – частота. Ось Y - удельное значение спектральной плотности мощности.

На спектрограммах ЭЭГ отмечалось неuniformное для разных опытов повышение спектральной плотности мощности в области частот от 2 до 10 Гц и от 15 до 40 Гц.

Удельное значение спектральной плотности мощности излучения в области частот 6, 14 и 26 Гц составляло от  $6.3 \pm 1.2\%$ ,  $5.9 \pm 3.7\%$ ,  $4.5 \pm 2.0\%$ ,  $3.0 \pm 3.0\%$  и до  $10.0 \pm 7.0\%$ ,  $10.9 \pm 8.1\%$ ,  $6.0 \pm 6.0\%$ ,  $5.0 \pm 2.5\%$ , соответственно (рисунок 2В). Средние значения спектральной плотности мощности излучения для этих частот были равны  $8.0 \pm 3.0\%$ ,  $7.5 \pm 3.5\%$ ,  $5.7 \pm 1.9\%$ ,  $4.0 \pm 2.0\%$ , соответственно (рисунок 3В).

Представленные данные свидетельствуют о том, что имелось существенное различие спектрограмм мощности излучения мобильного телефона и биоэлектрической активности мозга. Это также может служить в пользу предположения о том, что в проведенных опытах не наблюдалось влияния излучения мобильного телефона на канал усилителя, по которому записывалась электроэнцефалограмма.

#### Выводы

Разработана компьютеризированная система синхронной регистрации мощности излучения мобильного телефона и биоэлектрической активности мозга с возможностью последующего спектрального анализа полученных данных. Выявлено, что излучение мобильного телефона не создает артефактов на электроэнцефалограмме.

#### Литература

1. Bak, M. Effect of GSM signal during exposure to event related potentials (ERPs) / M. Bak [et al.] // *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*. 2010. Vol. 23 (2). P. 191–199.
2. Hyland, G. J. Physics and biology of mobile telephony / G. J. Hyland // *The Lancet*. 2000. Vol. 356 (25). P. 1833–1836.
3. Croft, R. J. Effect of 2G and 3G mobile phones on human alpha rhythmus: Resting EEG in adolescent, young adults, and the elderly / R. J. Croft [et al.] // *Bioelectromagnetics*. 2010. Vol. 31 (6). P. 434–444.
4. Снеддон, И. Преобразование Фурье / И. Снеддон. 1955. 668 с.
5. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. 2006. 751 с.
6. Brenner, R. P. Computerized EEG spectral analysis in elderly normal, demented and depressed subjects / R. P. Brenner [et al.] // *Electroencephalography Clinical Neurophysiology*. 1986. Vol. 64. P. 483–492.
7. Hughes, J. R. Conventional and quantitative electroencephalography in psychiatry / J. R. Hughes, E. R. John // *Journal Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*. 1999. Vol. 11. P. 190–208.