

УДК 577.3.043; 537

## СРАВНЕНИЕ БИОЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ Сотовых телефонов различных стандартов

А.В. Пономарев, С.В. Побаченко

### COMPARISON OF BIOEFFECTS OF RADIATION FROM CELL PHONES OF VARIOUS STANDARDS

A.V. Ponomarev, S.V. Pobachenko

Электромагнитные излучения сотовых телефонов представляют собой значимый экологический фактор техногенной природы. Существует несколько стандартов систем сотовой телефонной радиосвязи, каждый из которых имеет свой способ организации канала для приема и передачи информации. Рассматриваются особенности воздействия излучений сотовых телефонов стандартов GSM-900 и CDMA-450 на функциональные особенности биоритмической структуры мозговой активности.

Electromagnetic radiation of cell phones is an important environmental factor having anthropogenic nature. There are several standards for cellular radio systems; each of them has its own way of organizing channel for receiving and transmitting information. We consider peculiarities of the impact of radiation from cell phone with standards GSM-900 and CDMA-450 on functional characteristics of biorythmical structure of brain activity.

#### Введение

Электромагнитные поля нашей планеты являются значимым экологическим фактором и оказывают существенное влияние на живые системы, в том числе и на организм человека. Принято считать, что естественнофоновые электромагнитные поля играют принципиальную роль обязательного, постоянно действующего фактора, который является ритмозадающим для обеспечения стабильного функционирования живых систем [1–3].

В последние более чем полувека наблюдаются процессы модификации естественного фона в связи с развитием технологий промышленности, связи и коммуникаций, которые могут сказываться и на установленных уровнях ритмрегулирующих биологических систем. В настоящее время широкое распространение получил значимый источник техногенного электромагнитного поля – сотовая связь.

Целью проводимых исследований было выявление особенностей воздействия электромагнитных полей, излучаемых сотовыми аппаратами различных стандартов, на параметры ЭЭГ-активности и на степень сопряженности флуктуаций спонтанной электрической активности головного мозга с вариациями фоновых электромагнитных КНЧ-полей диапазона первой моды шумановского резонанса.

#### Методика проведения исследований

Для проведения оценки воздействия были выбраны сотовые телефоны двух различных стандартов сотовой связи. Данный выбор был сделан в связи с различным подходом к организации канала связи для передачи информации (наличие четких временных модуляций у стандарта GSM и их отсутствие в стандарте CDMA-450)

Для попытки оценки воздействия проводились серии экспериментальных исследований. При их проведении был использован методический подход, определяемый как метод сопряженного координированного по времени мониторинга (рис. 1) [4].

В процессе экспериментальных исследований было реализовано порядка десяти серий исследований в различные дни и получены временные ряды значений экспериментальных данных.

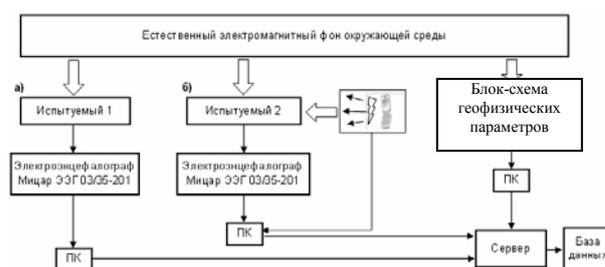


Рис. 1. Блок-схема экспериментальных исследований.

#### Результаты и обсуждение

На первом этапе анализа временные ряды амплитудных значений были подвергнуты спектральному фурье-преобразованию, на основе которого были получены ряды значений спектральной мощности в диапазонах частот 2–4 Гц и 7.5–8.5 Гц по всем каналам ЭЭГ для каждого испытуемого. И затем производилось сравнение данных для испытуемого, подвергнутого воздействию излучения сотового телефона, с данными для другого испытуемого, который выполнял функцию контрольной группы.

Анализ всех полученных данных по динамике изменения спектральной мощности в параметрах ЭЭГ при активации сотового телефона позволяет констатировать наличие достаточно выраженных закономерностей. На рис. 2 а, б представлены типичные результаты для одной пары испытуемых (диапазон частот 2–4 Гц). Подобные соотношения характерны для всех пар испытуемых. На протяжении первой минуты экспериментов (фоновые записи) существенных отличий в показателях ЭЭГ-активности не отмечается (1). В момент активации сотового телефона (GSM) также не происходит видимых изменений амплитудных значений спектральной мощности (2). Однако после звонка наблюдается повышение значений мощности в диапазоне частот 2–4 Гц (3), а для контрольного испытуемого (рис. 2, б) изменений не происходит, примерно через минуту уровень ЭЭГ-активности в данном диапазоне возвращается к исходному (4).

При активации мобильного телефона стандарта CDMA никаких заметных изменений не происходит и вид распределения для контрольного испытуемого и

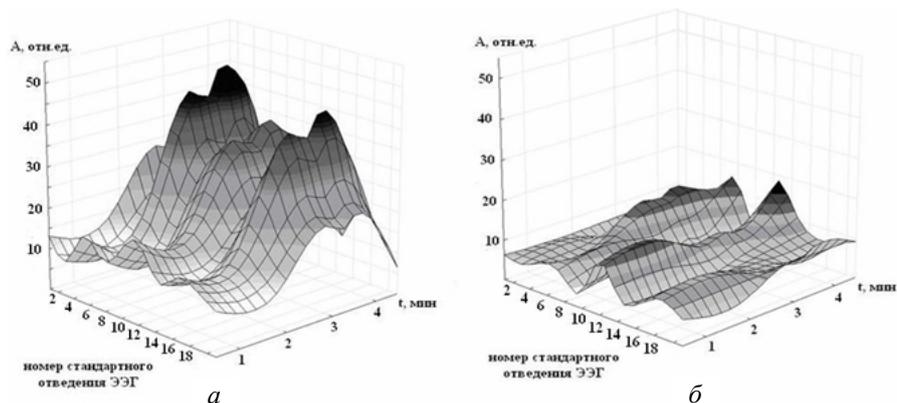


Рис. 2. Распределение амплитудных значений спектральной мощности в течение четырех минут по 19 отведениям в диапазоне частот 2–4 Гц при активации сотового телефона стандарта GSM-900: испытуемый, подвергнутый воздействию сотового телефона (а); контрольный испытуемый (б).

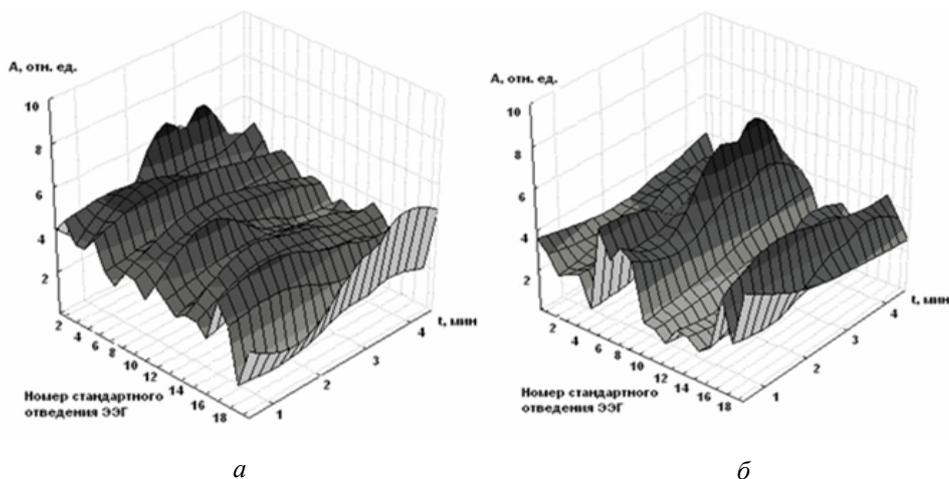


Рис. 3. Распределение амплитудных значений спектральной мощности в течение четырех минут по 19 отведениям в диапазоне частот 2–4 Гц при активации сотового телефона стандарта CDMA-450: испытуемый, подвергнутый воздействию сотового телефона (а); контрольный испытуемый (б).

испытуемого, подвергнутого внешнему воздействию, выглядят примерно одинаково (рис. 3, а, б).

Аналогичные результаты получены для диапазона частот 7.5–8.5 Гц. Для данного частотного диапазона разница в уровне сигналов оказалась несколько ниже, чем для диапазона 2–4 Гц, но тенденции изменения активности абсолютно идентичны.

Таким образом, можно констатировать, что при использовании сотового аппарата стандарта GSM наблюдается значимое увеличение уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2–4 и 7.5–8.5 Гц, особенно явно это проявляется в срединных отведениях на стороне расположения телефона. При использовании сотового телефона стандарта CDMA-450 не наблюдается значимого повышения уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2–4 и 7.5–8.5 Гц.

Необходимо отметить, что подобные закономерности, полученные в несколько иных экспериментальных условиях, отмечаются в работах [5, 6].

Изменения спектральных характеристик ЭЭГ человека, вызванные активацией мобильных телефонов в частотных диапазонах, соответствующих диапазонам флуктуаций параметров основных естественных электромагнитных полей КНЧ-диапазона (шумановские резонансы), позволяют сделать предположение о влиянии данного феномена на биоритмическую активность

мозга, связанную с регуляторным влиянием фоновых электромагнитных полей.

В связи с этим производился кросскорреляционный анализ изменений спектральных характеристик ЭЭГ и электромагнитного КНЧ-фона для каждой пары испытуемых. Анализ проводился по всем значениям, полученным в процессе экспериментальных измерений для трехминутных интервалов.

Сравнивались значения функции кросскорреляции для испытуемого, подвергнутого воздействию излучения сотового телефона, и контрольного испытуемого по всем отведениям.

Сравнение значений кросскорреляционной функции позволяет констатировать, что в абсолютном большинстве случаев (95 %) по всему массиву данных наблюдается выраженная тенденция к уменьшению уровня сопряженности вариаций параметров электромагнитных полей диапазона первого мода шумановского резонанса и ЭЭГ человека при воздействии излучений сотового телефона стандарта GSM-900 (рис. 4, а).

При воздействии поля сотового телефона стандарта CDMA-450 подобного не наблюдается. Уменьшение уровня сопряженности приходится лишь на 22 % случаев (рис. 4, б), которые, скорей всего, носят случайный характер.

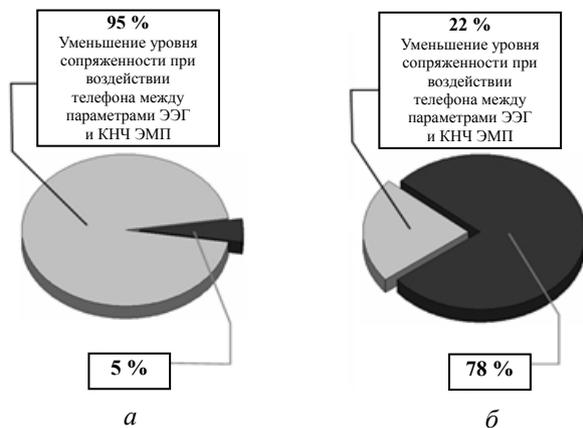


Рис. 4. Уменьшение уровня сопряженности между параметрами ЭЭГ и КНЧ ЭМП при воздействии сотовых телефонов стандартов GSM-900 (а) и CDMA-450 (б).

### Заключение

Установлено, что минутное воздействие сотового аппарата стандарта GSM-900 вызывает:

1. Значимое увеличение уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2–4 и 7.5–8.5 Гц, особенно явно это проявляется в средних отведениях на стороне расположения телефона.

2. Уменьшение (95 % случаев) уровня сопряженности вариаций параметров фоновых КНЧ ЭМП и ЭЭГ человека в диапазоне частот изменения первой моды шумановского резонанса (7.5–8.5 Гц) в среднем на 15 %, что, вероятно, может сказываться на формировании структуры биоритмической активности мозга человека.

В случае использования сотового аппарата стандарта CDMA-450:

1. Не наблюдается значимого повышения уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2–4 и 7.5–8.5 Гц.

2. Уменьшение уровня сопряженности вариаций параметров фоновых КНЧ ЭМП и ЭЭГ человека в диапазоне частот изменения первой моды шума-

новского резонанса (7.5–8.5 Гц) наблюдается лишь в 22 % случаев, уменьшение происходит на доли процента.

Таким образом, были выявлены особенности воздействия электромагнитного поля, излучаемого сотовым аппаратом, на параметры ЭЭГ-активности и на степень сопряженности флуктуаций спонтанной электрической активности головного мозга с вариациями фоновых электромагнитных КНЧ-полей диапазона первой моды шумановского резонанса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калюжин В.В. Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований // Биофизика. 2006. Т. 51, вып. 3. С. 534–538.
2. Колесник А.Г., Бородин А.С., Колесник С.А., Побаченко С.В. Резонансный механизм солнечно-земных связей // Изв. вузов. Физика. 2003. № 8. С. 23–30.
3. Побаченко С.В. Сопряженность флуктуаций параметров фоновых УНЧ–КНЧ электромагнитных полей с характеристиками мозгового электрогенеза человека при различных гелиогеофизических условиях // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 297. С. 165–168.
4. Побаченко С.В., Пономарев А.В. Влияние активации мобильных телефонов стандарта GSM на биоритмическую структуру электрогенеза мозга человека // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. № 3. С. 50–55.
5. Croft R.J., Hamblin D.L., Spong J., et al. The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram // Bioelectromagnetics. 2008. N 1. P. 1–10.
6. Hamblin D.L., Wood A.W. Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables // International Journal of Radiation Biology. 2002. V. 78, N 8. P. 659–669.

Томский государственный университет, Томск