

ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ СТАНДАРТА GSM НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

**С.В. Побаченко,
А.В. Пономарев**

*Томский государственный
университет*

*Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 36*

e-mail: sevlpo@tsu.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию активации мобильного телефона системы GSM на функциональную активность мозга человека. Установлено, что после окончания активации мобильного телефона наблюдается значимое повышение уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2-4 Гц и 6-8 Гц в срединных отведениях на стороне расположения телефона. Кроме того выявлено, что минутное воздействие мобильного телефона оказывает угнетающее влияние на степень сопряженности вариаций параметров фоновых электромагнитных полей КНЧ диапазона и ЭЭГ человека.

Ключевые слова: естественный электромагнитный фон, сотовый телефон, электроэнцефалограмма, синхронный мониторинг.

Введение

Электромагнитные поля (ЭМП) окружающей среды оказывают существенное влияние на живые тела, в том числе и на организм человека. Принято считать, что естественнорезонансные вариации электромагнитных полей диапазона шумановских и альвендовских резонансов, формируемые комплексом гелио-геофизических факторов играют принципиальную роль обязательного, постоянно действующего фактора, который является ритмозадающим для обеспечения стабильного ритмостаза живых организмов [1-4].

В последние более чем полвека наблюдаются процессы модификации естественного электромагнитного фона в связи с развитием технологий в промышленности, связи и коммуникации, которые могут оказывать влияние и на сложившиеся механизмы ритмоуправления живых организмов. В связи с этим актуализируется проблема нормального существования организмов и сообществ в условиях, отличающихся от эволюционно детерминированного естественного электромагнитного фона.

В настоящее время широкое распространение получил еще один источник техногенного электромагнитного поля – сотовая связь. На основании имеющегося на сегодняшний день большого количества данных можно констатировать, что сам факт влияния излучения мобильных телефонов на живые тела не вызывает сомнений [5, 6]. Однако механизмы данного вида воздействий остаются неопределенными. Принято рассматривать непосредственные эффекты влияния излучения на функционирование систем жизнеобеспечения организма, в первую очередь – термические воздействия, которые опосредованы, в основном, высокочастотными излучениями мобильных телефонов. Однако, и именно этот аспект наиболее выражен при действии неионизирующих излучений, – это так называемое «информационное» воздействие, которое может иметь дистанционный и отсроченный характер. В данном контексте значительный интерес представляет проблема воздействия низкочастотных модуляций излучений сотовых телефонов стандарта GSM на биоритм мозговой активности. Стандарт GSM был выбран в связи с его широким распространением, а так же в связи с тем, что при организации канала связи «телефон – базовая станция» используется множественный доступ с временным разделением, вследствие этого можно выделить частоты 217 Гц, 8.35 Гц и в некоторых случаях 2 Гц, которые совпадают с частотами собственной биоэлектрической активности головного мозга человека (гамма-, альфа-, дельта-ритм) [7-9].

В связи с этим целью проведенных исследований было выявление особенностей воздействия электромагнитного поля, излучаемого сотовым телефонным аппаратом, на параметры ЭЭГ-активности и на степень сопряженности флуктуаций спонтанной электрической активности головного мозга с вариациями фоновых КНЧ электромагнитных полей диапазона первой моды шумановского резонанса.



Методика проведения исследований

В экспериментах использовался метод синхронного, координированного по времени мониторинга. Для проведения мониторинга электромагнитного фона КНЧ диапазона был задействован измерительно-вычислительный комплекс, позволяющий производить прием и обработку сигналов в диапазоне частот от 0.1 до 40 Гц. [10, 11].

Функциональное состояние организма человека оценивалось на основе мониторинга характеристик электрической активности головного мозга в параметрах электроэнцефалографии (ЭЭГ). Использовались два идентичных комплекса на базе электроэнцефалографов «Мицар-ЭЭГ-03/35-201». Съем ЭЭГ велся монополярно по 19-ти отведениям, согласно стандартной схеме – «10-20». В экспериментах принимала участие группа испытуемых в количестве 8 практически здоровых человек в возрасте 20-22 года. Общая блок-схема экспериментального комплекса представлена на рис.1.

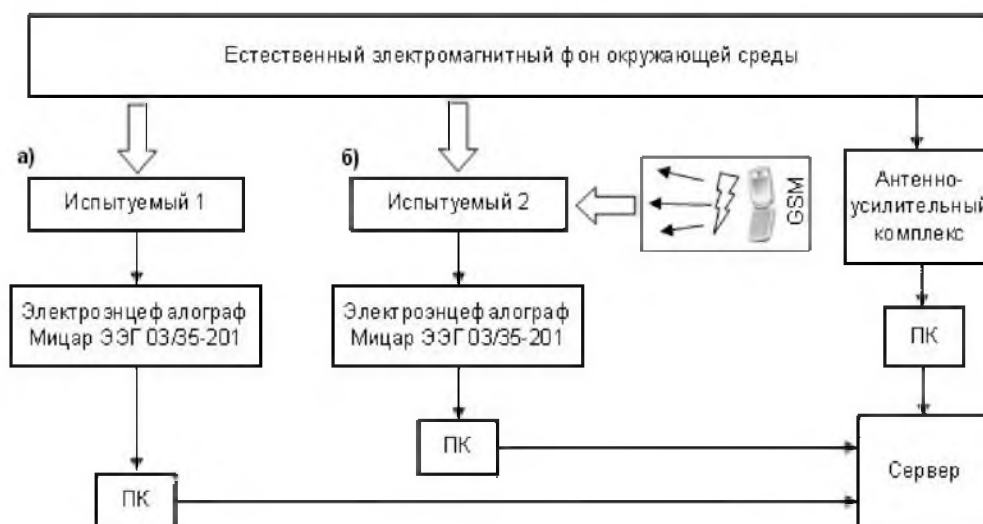


Рис. 1. Блок-схема экспериментального комплекса: а) испытуемый в состоянии спокойного бодрствования (контроль); б) испытуемый на которого оказывалось воздействие активацией сотового телефона

Воздействие производилось с помощью стандартных моделей сотовых телефонов системы GSM (несущая частота 800 МГц). Выбор данного стандарта обусловлен спецификой временной структуры организации связи системы «телефон – базовая станция», а именно, наличием временных модуляций с частотами 217 Гц, 8.35 Гц и 2 Гц.

Одновременно в эксперименте принимали участие два человека. Они находились в разных комнатах на расстоянии порядка 7 метров. При этом один из них был подвержен периодическому воздействию электромагнитного поля сотового телефона, а второй нет. Оба человека находились в расслабленном состоянии в затемненных помещениях. Испытуемый, подверженный воздействию ЭМП сотового телефона, не был информирован о начале и продолжительности воздействия. Длительность эксперимента для одной пары испытуемых составляла 43 минуты. Из этих 43 минут, в общей сумме, 10 минут составляло воздействие излучений сотового телефона и 33 минуты – без внешнего воздействия. В первые три минуты в отсутствие воздействия производилась фоновая запись ЭЭГ. По прошествии трех минут делалась отметка о начале воздействия, и на сотовый телефон, закрепленный у левого уха испытуемого, поступал звонок. Все звуки и прочие способы индикации входящего вызова на телефоне были отключены, и, таким образом, испытуемый не знал о начале звонка. Воздействие продолжалось в течение одной минуты, после чего делалась отметка об окончании воздействия и продолжалась запись ЭЭГ без внешнего воздействия, которая составляла также 3 минуты. Для второго испытуемого в течение этого же времени производился только съем фоновой ЭЭГ. После 21,5 минуты воздействие осуществлялось на второго испытуемого, а для первого испытуемого шла запись фоновой ЭЭГ. Временная структура экспериментального исследования приведена на рис. 2.

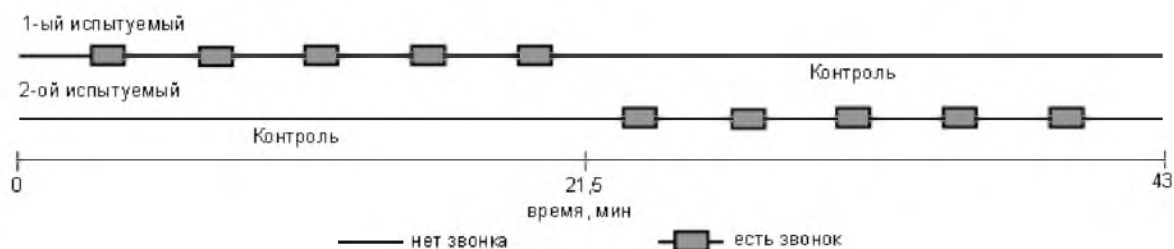


Рис. 2. Временная структура экспериментального исследования

По окончании серий экспериментов производился статистический анализ полученных данных с применением методов спектрального и корреляционного анализа. Рассчитывались значения спектральной мощности для всех отведений в фиксированных частотных диапазонах и, кроме того, вычислялись значения спектральной мощности параметров фоновых КНЧ электромагнитных полей в аналогичных частотных диапазонах. Для второй части исследований рассчитывалась функция кросс-корреляции для спектральных мощностей ЭЭГ и КНЧ полей и фиксировались максимумы на трехминутных интервалах, которые в дальнейшем использовались при анализе.

Результаты и их обсуждение

В процессе экспериментальных исследований было реализовано пять серий исследований в различные дни и получены временные ряды значений экспериментальных данных. На первом этапе анализа временные ряды амплитудных значений были подвержены 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. Затем производилось сравнение данных для испытуемого, подверженного воздействию излучения сотового телефона, с данными для другого испытуемого, который не был подвержен внешнему воздействию, а выполнял функцию контроля.

Анализ полученных данных по динамике изменения спектральной мощности в параметрах ЭЭГ при активации мобильного радиотелефона позволяет констатировать наличие выраженных закономерностей. На рисунке 3 (а, б) представлены типичные результаты для одной пары испытуемых (диапазон частот 2–4 Гц).

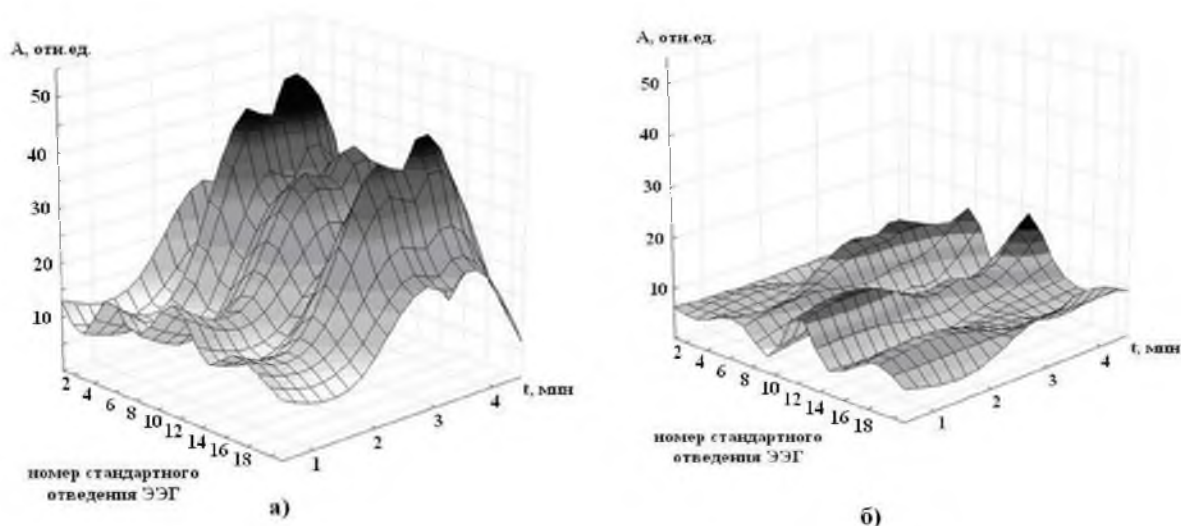


Рис. 3. Распределение амплитудных значений спектральной мощности в течение четырех минут по 19 отведениям в диапазоне частот 2–4 Гц: а) воздействие МРТ в течении одной(первой) минуты (исп. НСВ); б) контрольная запись ЭЭГ испытуемого без воздействия МРТ (исп. ПМВ)

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 также не происходит видимых изменений амплитудных значений спектральной мощности (2). Однако после звонка наблюдается повышение значений мощности в диапазоне частот 2–4 Гц (3), в то время как у контрольного испытуемого изменений не происходит. Примерно через минуту уровень ЭЭГ активности в данном диапазоне возвращается на исходный (4).

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

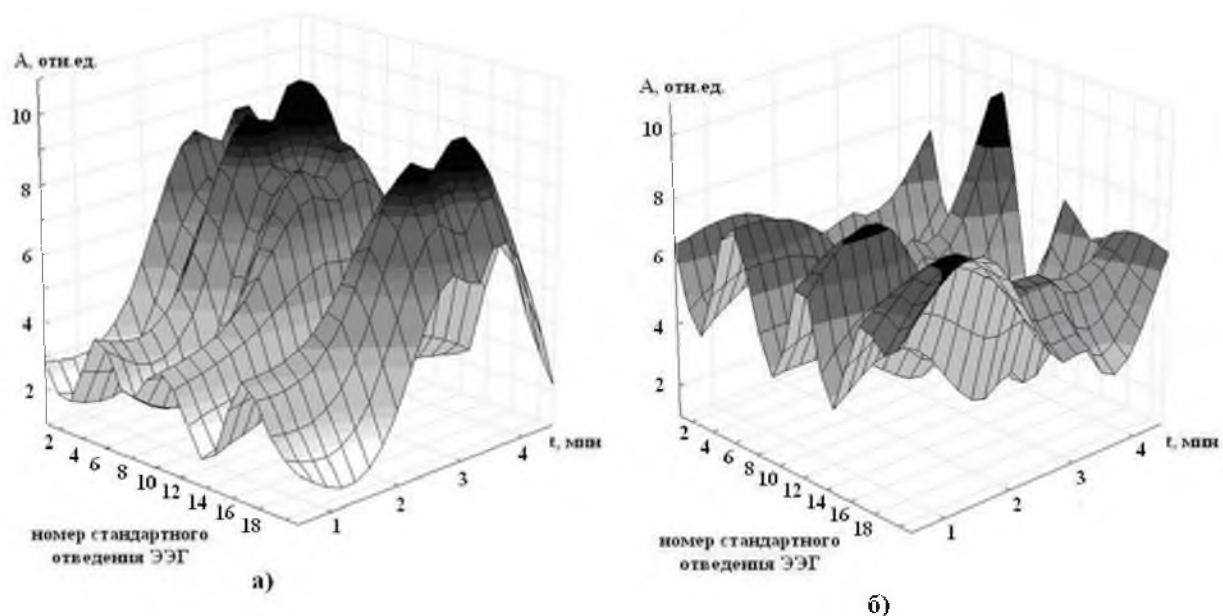


Рис. 4. Распределение амплитудных значений спектральной мощности в течение четырех минут по 19 отведениям в диапазоне частот 7.5–8.5 Гц: а) воздействие МРТ в течении одной(первой) минуты (исп. НСВ); б) контрольная запись ЭЭГ испытуемого без воздействия МРТ (исп. ПМВ)

Необходимо отметить, что подобные закономерности отмечаются и в ранее опубликованных работах [9, 12].

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 электрогенеза мозга, связанную с регуляторным влиянием фоновых электромагнитных полей.

В связи с этим, производился кросскорреляционный анализ интерактивных изменений спектральных характеристик ЭЭГ и КНЧ электромагнитного фона для каждой пары испытуемых. Анализ проводился по всем значениям, полученным в процессе экспериментальных измерений для трехминутных интервалов, в результате чего получилось по 14 трехминутных интервалов для каждого испытуемого, из них 7 приходилось на время, в течение которого производилось воздействие излучением сотового телефона, и 7 трехминутных интервалов, в течение которых воздействия не было. На трехминутном временном интервале производилось спектральное преобразование в диапазоне частот 7.5–8.5 Гц, что соответствует диапазону изменения первой моды шумановского резонанса. На всем временном интервале в 10 секундном окне были получены значения спектральной мощности (160 значений). Далее рассчитывались значения функции кросскорреляции с выбором максимального значения. Данные рассчитывались для обоих испытуемых по всем интервалам, затем производилось сравнение полученных результатов. Сравнивались значения функции кросскорреляции для испытуемого, подверженного воздействию излучения сотового телефона и контрольного испытуемого по всем отведениям.

На рис. 5 представлены результаты одного из отведений для испытуемых ПМВ и НСВ.

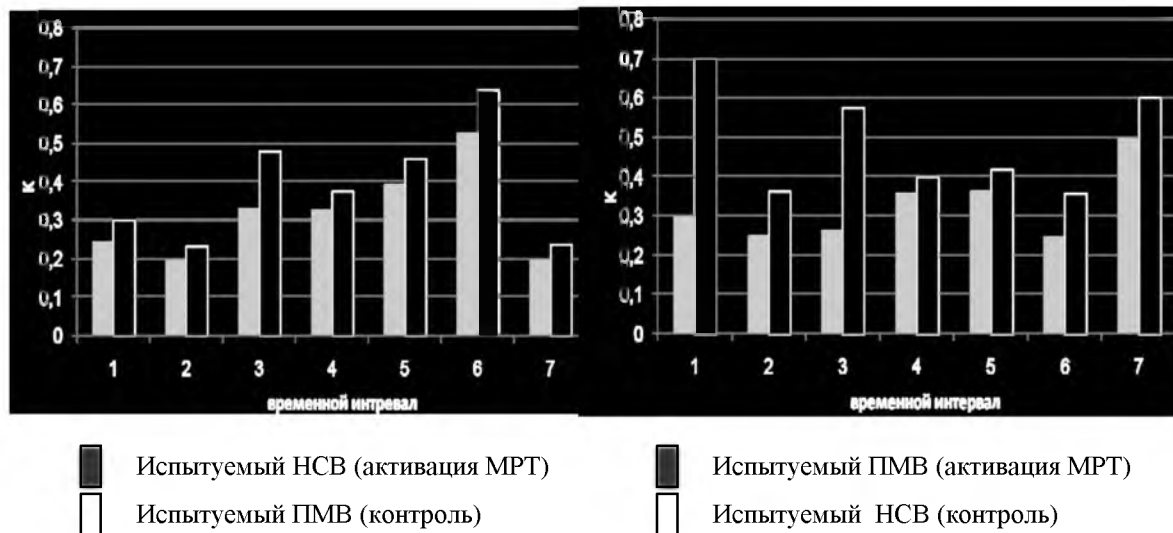


Рис. 5 Максимальные значения кросскорреляционной функции между значениями спектральной мощности ЭЭГ и КНЧ фоновых электромагнитных полей в диапазоне 7.5-8.5 Гц для отведения Т3-RF

Сравнение значений кросскорреляционной функции позволяет констатировать, что в абсолютном большинстве случаев по всему массиву данных наблюдается выраженная тенденция к уменьшению уровня сопряженности вариаций параметров электромагнитных полей диапазона первой моды шумановского резонанса и ЭЭГ человека при воздействии излучений сотового телефона.

Аналогичные результаты получились для отведения Т5-RF (рис. 6). Данные отведения были выбраны исходя из того что на них наблюдается значительное повышение уровня спектральной мощности.

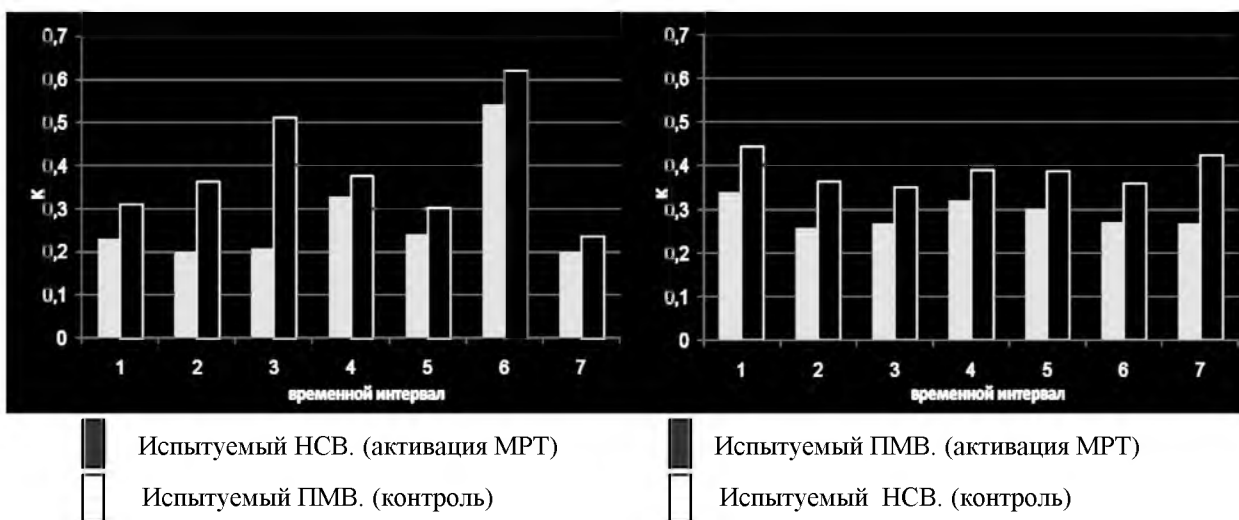


Рис. 6. Максимальные значения кросскорреляционной функции между значениями спектральной мощности ЭЭГ и КНЧ фоновых электромагнитных полей в диапазоне 7.5-8.5 Гц для отведения Т5-RF.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет предположить, что потенциально опасным может быть не собственно СВЧ-облучение, а влияние его временных модуляций. Это может представлять собой «шум», затрудняющий процесс биоритмической регуляции мозговой активности вариациями естественнофоновых электромагнитных полей. В связи с этим, можно рекомендовать сокращение до нижнего временного предела пользование сотовыми телефонами.



Заключение

Установлено, что после минутной активации мобильного телефона наблюдается значимое повышение уровня спектральной мощности в параметрах ЭЭГ в диапазоне частот 2-4 Гц и 7.5-8.5 Гц, особенно явно это проявляется в срединных отведениях на стороне расположения телефона. Экспериментально подтвержден феномен увеличения электрической активности мозга человека при воздействии излучений сотового телефона стандарта GSM.

Выявлено, что минутное воздействие МРТ в большинстве случаев вызывает уменьшение уровня сопряженности вариаций параметров фоновых КНЧ ЭМП и ЭЭГ человека в диапазоне частот изменения первой моды шумановского резонанса (7.5-8.5 Гц), что вероятно может сказываться на формировании структуры биоритмической активности мозга человека.

Список литературы

1. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А. Космос и биологические ритмы. Симферополь, – 1995. – 200 с.
2. 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
3. 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.
4. Побаченко С.В. Сопряженность флуктуаций параметров фоновых УНЧ-КНЧ электромагнитных полей с характеристиками мозгового электрогенеза человека при различных геофизических условиях // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 297. – С. 165-168.
5. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Динамика ЭЭГ-реакций человека при воздействии электромагнитного поля мобильного телефона в начальный период его использования // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 8-9. – С. 4-10.
6. Электромагнитные поля и здоровье человека / Общ. ред. проф. Ю.Г. Григорьева. – М.: Изд-во РУДН. – 2002. – 178 с.
7. Hinrikus H., Bachmann M., Lass J. and oth. Effect of 7, 14 and 21 Hz modulated 450 MHz microwave radiation on human electroencephalographic rhythms // Int J Radiat. Biol. – 2008. – Н. 84, Vol. 1. – P. 69-79.
8. Hamblin D. L., Wood A.W. Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables // Intern. J. Radiation Biology. – 2002. – Vol. 78, № 8. – P. 659-669.
9. Croft R.J., Hamblin D.L., Spong J., Wood A.W., McKenzie R.J., Stough C. The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram // Bioelectromagnetics. – 2008. – № 1. P. 1-10.
10. Колесник А. Г., Колесник С. А., Нагорский П.Н., Шинкевич Б.М. Радиотехнический комплекс диагностики и контроля параметров электромагнитного фона в канале Земля – ионосфера // Ионосферные исследования. – Казань, 1997. – С. 244-252.
11. Бородин А.С., Колесник С. А., Побаченко С. В., Потахов П. Ю. Программно-технический комплекс мониторинга естественной динамики функционального состояния организма человека // Ионосферные исследования. – Казань, 1997. – С. 253-257.
12. Крамаренко А. В. Сопоставление локальных изменений ЭЭГ с картой поля мобильного телефона. Харьков. Исследовательская лаборатория ООО. "Компания TREDEX. Режим доступа <http://www.dxelemedicine.com/rus/publications/microwave>.

THE INFLUENCE OF MOBILE PHONES ACTIVATION ON HUMAN BRAIN FUNCTIONAL CONDITION

**S.V. Pobachenko,
A.V. Ponomarev**

Tomsk State University

Lenin avenue, 36, Tomsk,
634050, Russia

e-mail: sevlpo@tsu.ru

The results of experimental research of influence of mobile phone (standard GSM) activation on human brain functional activity are presented. It is established that after termination of mobile phone activation a significant increase of level of spectral capacity in EEG parameters is observed in frequency range 2-4 Hz and 7-9 Hz on middle EEG channels at the side of phone location. Besides, minute mobile phone activation is revealed to have a negative influence at a level of conjugation of parameter variation of ELF range natural electromagnetic fields and human EEG.

Key words: natural electromagnetic background, mobile phone, electroencephalogram, conjugate monitoring.