

УДК: 577.35.537, 612.822.3

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ С ПОМОЩЬЮ РЕГИСТРАЦИИ БИОПЕНЦИАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

*Черный С.В., Чуян Е.Н., Пономарева В.П., Павленко В.Б.*

### **Введение**

В настоящее время доказана высокая биологическая активность электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) [1]. Показано, что под влиянием этого фактора изменяется функциональное состояние многих физиологических систем. Наиболее чувствительной к изменению ЭМИ является нервная система. Многочисленные литературные данные свидетельствуют о выраженном влиянии ЭМИ КВЧ и на центральную нервную систему. Так, в частности, обнаружены изменения биоэлектрической активности неокортекса, проявляющиеся в синхронизации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и в нормализации функционального состояния головного мозга [2].

Известно, что ЭЭГ-исследования, в частности, анализ таких частотных составляющих ЭЭГ, как тета-, альфа-, бета-1- и бета-2-ритмов, позволяют определить динамику функционального состояния головного мозга. Кроме того, анализ вызванных ЭЭГ-потенциалов, таких как условная негативная волна и потенциал Р300 (так называемых связанных с событием потенциалов – ССП), позволяет определить пластичность нервной системы, уровень подготовки к действию и т.д.

Таким образом, регистрация показателей биоэлектрической активности коры мозга человека, в частности ЭЭГ и ССП, является перспективным и информативным методом изучения реакций центральной нервной системы в ответ на внешние воздействия.

Задачей настоящего исследования явилось сопоставление характеристик ЭЭГ и ССП при воздействии ЭМИ КВЧ-диапазона.

### **Материалы и методы**

В исследовании принимали участие 20 человек в возрасте от 18 до 21 года, обоего пола, правши. Экспериментальная и контрольная группы состояли из 10 человек. Отведение и анализ ЭЭГ и ССП осуществлялись с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа EEG-16S и компьютера IBM PC. Частотные характеристики каналов электроэнцефалографа для записи ЭЭГ составляли

0,3 с – 70 Гц, для записи ССП – 10 с – 30 Гц.

Биопотенциалы отводили монополярно, в точках С3 и С4 по системе “10-20”. Индифферентным электродом служили объединенные датчики над сосцевидными отростками черепа. Во время регистрации параметров испытуемые находились в удобном кресле в затемненной экранированной камере. Регистрацию ЭЭГ и ССП производили дважды с перерывом в 10 дней, в течение которых на испытуемых экспериментальной группы оказывалось воздействие КВЧ-излучением ежедневно по 30 минут на область грудины с помощью генераторов “Луч. КВЧ-01”, разработанных в Институте технической механики НАНУ (г. Днепропетровск) с длиной волны 7,1 мм, плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>.

Эксперимент состоял из нескольких частей. Производили запись фоновой ЭЭГ при открытых и закрытых глазах, при решении арифметической и пространственной задачи (рис.1).

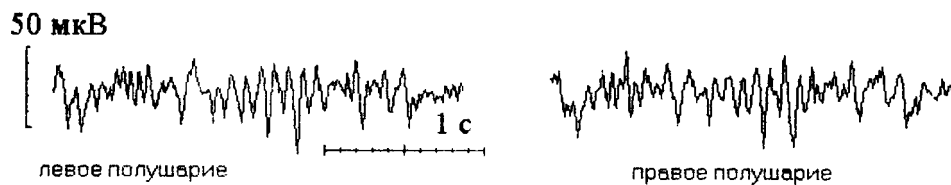


Рис 1. Образец фоновой ЭЭГ.

В настоящей работе оценивали следующие показатели ЭЭГ: нормированная мощность тета-, альфа-, бета-1-, бета-2-ритма, коэффициент межполушарной асимметрии в диапазоне альфа - ритма, определяемый по формуле  $\frac{\Pi - \text{Л}}{\Pi + \text{Л}} \times 100\%$ , где  $\Pi$  и  $\text{Л}$  – мощность альфа-ритма соответственно в правом и левом полушарии; коэффициент реактивности альфа-ритма при открывании глаз, который определяли как отношение мощности альфа-ритма при закрытых и открытых глазах. В течение одного опыта записывали 40 спектров ЭЭГ левого и правого полушария, в каждом опыте фиксировалось 20 спектров ЭЭГ при закрытых глазах, и 20 спектров ЭЭГ либо при открытых глазах, либо в ситуации решения арифметической или пространственной задачи. Каждый спектр отражал отрезок ЭЭГ длительностью 5,12 с (рис. 2).

Производили регистрацию когнитивных ССП в двухстимульной парадигме определения скорости сенсомоторной реакции с предупреждением. Испытуемый должен был как можно быстрее нажимать на кнопку в ответ на второй в паре звуковой сигнал. Временной отрезок между предупредительным и императивным стимулом был фиксирован и равен 2000 мсек. Скорость сенсомоторной реакции оценивалась при соотношении с эталоном, равным 180 мсек. Императивный сигнал подавался в случайной последовательности в 50% случаев. В каждой серии было сделано 30 накоплений записи.

В этой ситуации, в промежутке между предупредительным и императивным стимулами, развивается условная негативная волна (УНВ). после сигнала обратной

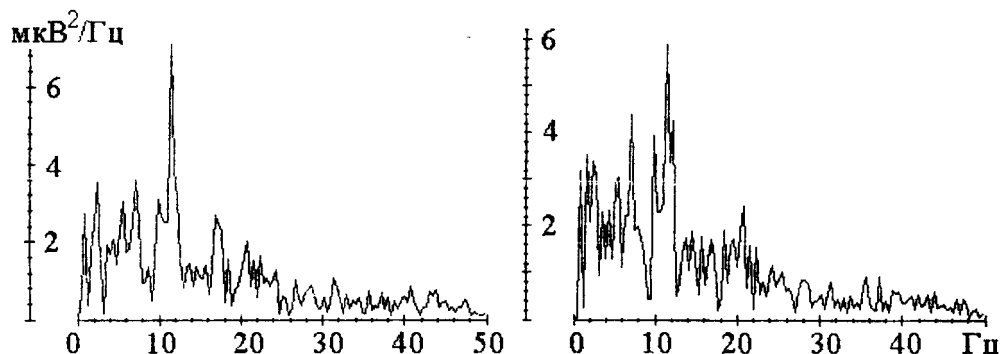


Рис.2. Образец спектра ЭЭГ.

связи, информирующего испытуемого о быстроте его реакции, выявляется потенциал Р300. Анализировали следующие показатели ССП: два компонента условно-негативной волны (первый компонент - в промежутке 400-1600 мс, второй - в промежутке 1600 - 2000 мс после предъявления предупредительного сигнала), амплитуду и латентный период потенциала Р300, а также скорость простой сенсомоторной реакции (рис. 3).

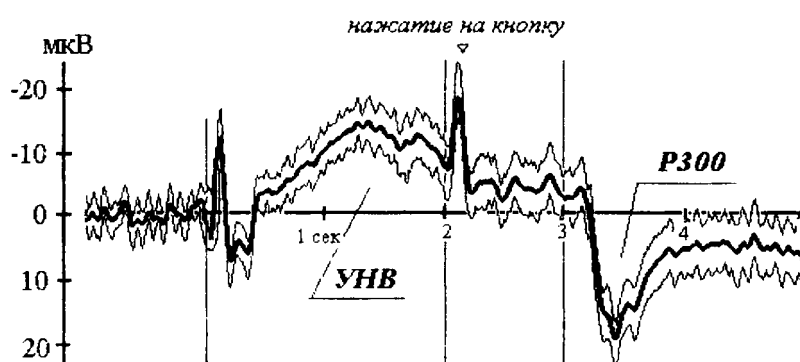


Рис.3. Общий вид связанного с событием потенциала.

Кроме того, испытуемые обеих групп дважды (в начале и конце эксперимента) заполняли стандартный бланк методики самооценки Дембо-Рубинштейн. Каждый бланк включал 5 шкал, представляющих собой вертикальные линии длиной 10 см с отметкой середины шкалы. Верхний и нижний полюса шкалы имели противоположный смысл (соответственно счастье - несчастье, ум - глупость, простой - сложный характер, здоровье-болезнь, расслабленность-напряженность). Испытуемым предлагалось соотнести данные характеристики с собой и дать им оценку, отметив чертой на каждой шкале, ориентируясь при этом на середину шкалы как на средний показатель. Таким образом, давалась количественная самооценка качественным переменным. После этого от нижнего полюса шкалы, имеющего отрицательные

характеристики, измерялась в сантиметрах высота до линии, поставленной испытуемым. Полученное число являлось отражением данной характеристики.

### Результаты и обсуждение

Для выявления различий между выборками использовали критерий Вилкоксона, для выявления связей между параметрами ССII, ЭЭГ и результатами психологического тестирования – рассчитывали коэффициент ранговой корреляции по Спирмену.

Таблица 1.

*Динамика психофизиологических показателей в группах (различия между показателями исходной и заключительной регистрации).*

Параметры	экспериментальная выборка	контрольная выборка
Снижение времени простой сенсомоторной реакции (мс)	27,5*	22,8
Увеличение амплитуды первого компонента УНВ в правом полушарии (мкВ)	-3,17	-4,47**
Снижение латентного периода потенциала P300 в правом полушарии (мс)	31,7**	29,3
Снижение мощности альфа-ритма в левом полушарии при решении арифметической задачи (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	0,05**	0,23

\*–  $p < 0.01$  \*\*–  $p < 0.05$  (по критерию Вилкоксона).

Как видно из таблицы 1, после воздействия ЭМИКВЧ у испытуемых экспериментальной группы значимо снизилось время простой сенсомоторной реакции по сравнению с испытуемыми контрольной группы, что можно объяснить большей пластичностью нейронных связей, усилением произвольного внимания в рамках задачи [3].

Значимое увеличение амплитуды первого компонента УНВ в правом полушарии у испытуемых контрольной группы говорит о чрезмерной концентрации на типе сигнала, когда на оценку типа сигнала тратится больший отрезок времени. Литературные данные говорят о том, что в рамках подобной задачи амплитуда УНВ по мере выработки навыка должна снижаться. При этом обработка сигналов происходит быстрее и эффективнее [4].

Снижение латентного периода потенциала P300 [5] в правом полушарии у испытуемых экспериментальной группы говорит о ускорении восприятия сигнала обратной связи и углубленной переработке информации об успешности действия. Как известно, правое полушарие первым производит обработку информации [6], и, таким образом, оптимизируется когнитивная обработка информации в левом полушарии.

Снижение мощности альфа-ритма в левом полушарии при решении арифметической задачи по сравнению с фоном (т. е. более выраженная реакция десинхронизации) у испытуемых экспериментальной группы говорит о большей вовлеченности полушарий в процесс решения специфической задачи. Правое полушарие быстрее обрабатывает информацию, связанную с восприятием целого образа, в то время как левое полушарие ориентировано на аналитические процессы [7].

Как следует из таблицы 2, в экспериментальной выборке видны изменения

Таблица 2.

*Коэффициенты корреляции спектральной мощности ритмов ЭЭГ, параметров ССП с результатами теста самооценки Дембо-Рубинштейн (итоговая серия).*

Параметры	$K_{\text{корр}}$ , вероятность (экспериментальная группа)	$K_{\text{корр}}$ , вероятность (контрольная группа)
УНВ, второй компонент, правое полушарие – бета-1 ритм, левое полушарие	0,98 (0,0003)	0,08 (0,87)
Результаты по шкале «характер» - мощность бета-1 ритма в левом и правом полушариях, запись фоновой активности	-0,31 (0,34)	0,94 (0,004)
Результаты по шкале «напряженность» – время реакции	0,66 (0,03)	-0,73 (0,09)
Результаты по шкале «напряженность» – УНВ, второй компонент, правое полушарие	0,21 (0,55)	-0,84 (0,03)

мозговой активности, что являет собой большую адаптивность испытуемых после воздействия ЭМИ КВЧ. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в результате воздействия ЭМИ КВЧ произошли определенные перестройки внутримозговых связей.

Положительная связь мощности бета - 1 ритма в левом и правом полушариях, а также результатов по шкале «характер» у испытуемых контрольной группы (Рис. 4) говорит о состоянии неопределенности, неустойчивой самооценки у испытуемых

контрольной группы. Кроме того, принято связывать усиление бета-активности в правом полушарии на фоновой ЭЭГ покоя с состоянием тревожности [8]. У испытуемых экспериментальной группы после воздействия ЭМИ КВЧ подобные зависимости не выявлены.

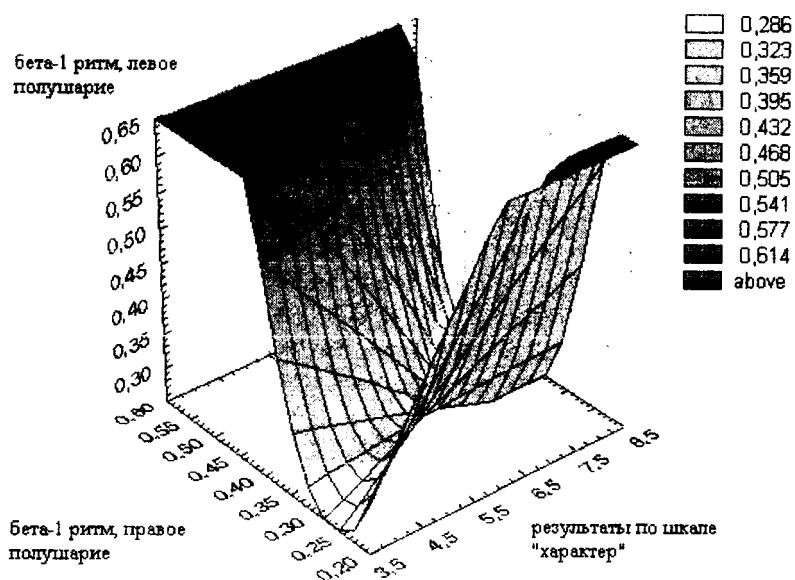


Рис. 4. График зависимости бета-1 ритма в левом и правом полушариях, а также результатов по шкале "характер".

### Выводы

1. Результаты исследования паттернов ритмической и вызванной мозговой активности позволяют оценить воздействие ЭМИ КВЧ на центральную нервную систему как позитивное.

2. ЭМИ КВЧ вызывает изменения психофизиологических характеристик, что выражается, в частности, в снижении времени простой сенсомоторной реакции.

3. В результате воздействия ЭМИ КВЧ возникают специфические изменения параметров ЭЭГ, которые соответствуют спокойному, уравновешенному состоянию человека.

**Список литературы**

1. Туманянц Е.Н., Чуян Е.Н., Хомякова О.В. Изменение некоторых психофизиологических функций под влиянием мм-терапии у лиц с различными индивидуальными особенностями организма// Космическая экология и ноосфера: Сб. докл. Крымского международного семинара. – Партенит, Крым, 1997.
2. Тимошенко Ю.П., Шурда Г.Г., Черепнев А.С. К вопросу о формировании оценки времени у операторов// Сборник докладов 10 Российского симпозиума с международным участием “Миллиметровые волны в биологии и медицине” –М.: МТА КВЧ –1995. –с.172 –173
3. John Polich. EEG and ERP assesment of normal aging// *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* –1997. –v.104. – p. 244 –256
4. Рутман Э.М. Вызванные потенциалы в психологии и психофизиологии// М., “Наука”, 1979. –216 с.
5. Polich, J. P300 in clinical applications. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields, 4<sup>th</sup> Ed.*// 1999, p. 1073-1091.
6. Янсон В.Н., Крауклис А.А. Психофизиология функциональной асимметрии мозга человека // *Известия Академии Наук Латвийской ССР.* –1982. – №1 (414). – с. 100 – 114.
7. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А. Характеристика межполушарных взаимоотношений ЭЭГ в оценке функционального состояния мозга человека // *Ж. ВНД.* –1989. –39. – №2. – с. 215 – 220.
8. Carter W., Johnson M., Borcovec T. Worry: an electrocortical analysis// *Adv. Behav. Res. And Ther.* – 1986. –v.8. – No. 4. –p.193 –204.

Поступила в редакцию 14.04.2003 г.