

НЕЙРОЭФФЕКТЫ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (ОТ НЕЙРОНА К ОБРАЗОВАНИЯМ МОЗГА, ЦНС, ОРГАНИЗМУ)

С.Н. Лукьянова

Федеральное государственное бюджетное учреждение « Государственный научный центр
Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.
Бурназяна», Москва, Россия. lukyjanovasn@yandex.ru

Настоящее сообщение – обобщение результатов собственных исследований, представляющих реакции на ЭМП (ППЭ $\leq 300\text{мкВт/см}^2$, экспозиция 1÷30мин) отдельных нейронов, образований мозга, ЦНС и организма. Сопоставимые и корректные условия проведения экспериментов позволяют увидеть связь между изучаемыми реакциями - фундаментальную основу формирования нейроэффектов слабых электромагнитных воздействий. Комплекс полученных материалов имеет прямое отношение к научному обоснованию существования подобных эффектов, их фундаментальным характеристикам и путям модификации.

Ключевые слова: ЭМП, слабое воздействие, реакция, нейрон, структуры мозга, ЦНС, организм.

NEUROEFFECTS OF WEAK ELECTROMAGNETIC INFLUENCES (FROM NEURON TO BRAIN FORMATIONS, CNS, BODY)

S.N. Lukyanova,

SRC – FMBC , Moscow, Russia, lukyjanovasn@yandex.ru

The present message is a generalization of the results of their own studies, representing reactions to EMF (PPE 300mkw/cm^2 , exposure of 1 to 30min) of individual neurons, brain formations, CNS and the body. Comparable and correct conditions of experiments allow to see the connection of studied reactions, the fundamental basis of the formation of neuroeffects of weak electromagnetic influences. The complex of the received materials is directly related to the scientific justification for these effects, their fundamental characteristics and ways of modification.

Keywords: EMF, weak exposure, reaction, neuron, brain structures, CNS, body.

Большой объём экспериментального материала доказывает наличие статистически достоверных изменений на ЭМП (1÷6ГГц, 300мкВт/см^2 , 1с) в экстраклеточной биоэлектрической активности нейронов – основных структурных и функциональных единиц нервной системы [1,2]. Эта реакция реализуется в результате непосредственного действия ЭМП на ткань мозга. Именно нейроны свидетельствуют о том, какой из нервных процессов (возбуждение или торможение) активизируется в каждом конкретном случае. Реакция могла сводиться к усилению или снижению импульсной активности (соответственно, возбуждению, торможению) или отсутствовать, что целиком

определялось исходной фоновой характеристикой. Эта зависимость от фона и определяла внутрицентральные взаимоотношения в ответ на изучаемые воздействия [3]. В условиях спонтанной активности наиболее реактивными образованиями были гипоталамус и кора, а наименее – ретикулярная формация среднего мозга. Изменение исходного фона (введение кофеина или адреналина) изменяло эти соотношения. Наиболее часто встречаемые (основные) реакции в виде усиления процессов торможения находят отражение и в суммарной биоэлектрической активности мозга, что можно видеть при параллельной регистрации импульсной и суммарной активности.

Анализ суммарной биоэлектрической активности различных образований мозга даёт дополнительную и более чёткую информацию о возможности кумуляции слабых эффектов, о латентных периодах наблюдаемых реакций и зависимости от параметров ЭМП. Первым проявлением кумуляции является наиболее частое проявление реакции в первую минуту после выключения ЭМП по сравнению с периодом экспозиции. Латентный период изучаемой реакции очень большой по сравнению с ответами на известные адекватные стимулы (свет, звук). Зависимость от фона по данным ЭЭГ анализа также играет большую роль в реализации реакции, но является более сложной, включая корреляционные отношения между ЭЭГ различных структур мозга и типологические особенности ЭЭГ по характеристике альфа диапазона [1]. Изучение зависимости от параметров ЭМП поддерживает мнение Ю.А. Холодова - чем больше меняющихся параметров (в частности, режимы: непрерывный, модуляция меандром, импульсный, пачечно-импульсный), тем эффективнее ответ [4]. В целом, наблюдаемая по суммарной активности реакция это – неспецифический ответ на слабый (скорее подпороговый) раздражитель.

Действие слабых ЭМП на ЦНС (как систему) наблюдали при выработке соответствующего условного рефлекса и влиянии на вызванные вспышками света ответы. И в том и другом случаях принимает участие группа функционально связанных образований (проводящие структуры) коры и подкорки. Полученные конкретные результаты о больших латентных периодах реакций на ЭМП объясняли отрицательные попытки выработать совпадающий или коротко отставленный рефлексы на данное воздействие. Только в случае увеличения изолированного действия ЭМП (20с – мода в кривой распределения латентных периодов) можно было наблюдать в экспериментах на кроликах выработку условного двигательного рефлекса избегания. И на этом этапе исследований находит отражение основная реакция нейронов (усиление процессов торможения). Она определяет более слабую по скорости и прочности выработку рефлексов на ЭМП по сравнению со светом и звуком и тормозное влияние на вызванные ответы. Биологическая значимость наблюдаемой реакции чаще соответствует адаптационному ответу на слабый раздражитель для ЦНС и трактуется как охранительное торможение.

Разносторонние исследования показали, что в своём влиянии на ЦНС изучаемое электромагнитное воздействие подчиняется фундаментальным законам физиологии о модификации биологической значимости слабого раздражителя. Усиление его действия можно наблюдать при усложнении режима облучения, повторении коротких экспозиций и в случаях комбинирования и сочетания с факторами другой модальности. Именно усиление биологической значимости слабого ЭМП воздействия приводят к появлению откликов и в функциональном состоянии организма. При этом эффект определяется сложной полипараметрической зависимостью [5]. Учитывая её составляющие, можно

объяснять наблюдаемые ответы на ЭМП нетепловой интенсивности и прогнозировать получение желаемого результата, используя неспецифические законы физиологии. В качестве примера приводится терапевтический эффект модулированного ЭМП на состояние экспериментального невроза (модель невроза страха у кролика) и усугубляющее влияние поля на организм испытуемого-добровольца в условиях выполнения монотонной операторской деятельности [1,6] .

Совокупность представленного материала дополняет данные литературы, доказывая правомерность отношения к слабому электромагнитному воздействию как к реально существующему, который в различных условиях может иметь различную биологическую значимость, что требует тщательного отношения к комплексной характеристике условий и параметров воздействия.

Литература.

1. Лукьянова С.Н. ЭМП СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для ЦНС М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2015, 200с.
2. Лукьянова С.Н. Фундаментальная характеристика реакции нейронов головного мозга на эмп нетепловой интенсивности // Радиационная биология. радиоэкология, 2019, том 59, № 4, с. 414–429
3. Лукьянова С.Н., Меркулов А.В. К вопросу о степени участия различных отделов головного мозга в реакциях на магнитное и электромагнитное поля малых уровней // Радиационная Биология. Радиоэкология. 2012. том 52. №6. С. 608 -615.
4. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М.: Наука. 1975. 284 С.
5. Лукьянова С.Н., Уйба В.В.. Терапия экспериментального невроза у кроликов с помощью электромагнитного поля в сравнении с факторами электрической и химической природы.// Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2017. Том 62. №3 с.5-12
6. Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н. и др. Влияние модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС // Радиация и риск. 2011. Т20. №2. С. 64-74

НЕЙРОЭФФЕКТЫ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

(ОТ НЕЙРОНА К ОТДЕЛАМ МОЗГА, ЦНС, ОРГАНИЗМУ)

С.Н. Лукьянова

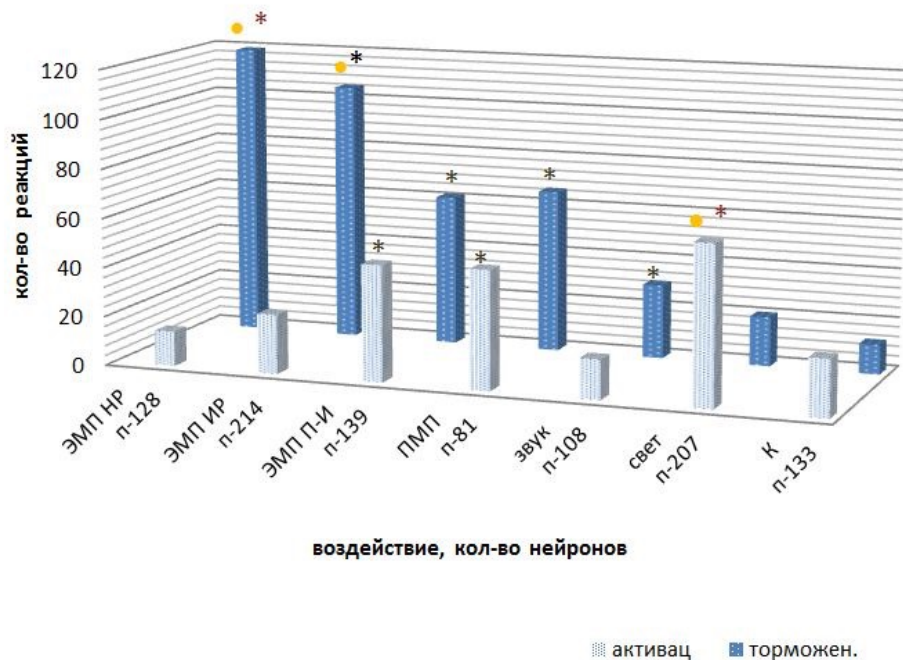
доктор биологических наук, профессор
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Слабые электромагнитные воздействия - нетепловая интенсивность и короткая экспозиция (ЭМП 1÷10 ГГц, ППЭ ≤300мкВт/см², 1-5мин)

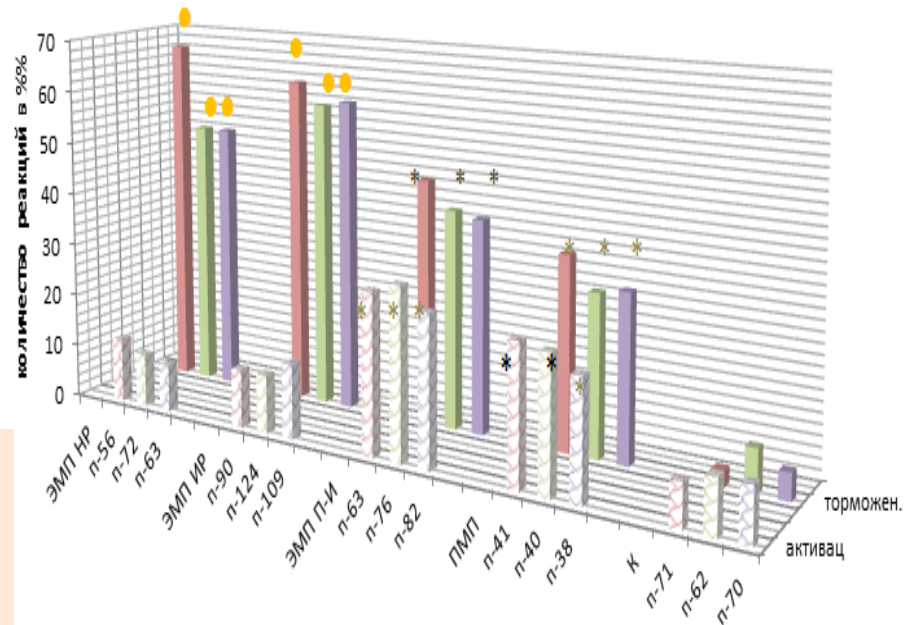
Хорошо известно, что такие воздействия (в отсутствии каких-либо отягощающих обстоятельств) не вызывают значимых изменений в жизнедеятельности организма. Однако на них реагируют отдельные клетки и отделы в мозге, что может служить фундаментальной основой формирования соответствующих реакций на уровне ЦНС (как системы) и открывает пути их возможного усиления с отражением в состоянии организма.

Материал получен, главным образом, в экспериментах на кроликах в сопоставимых условиях in vivo, дополняют эти результаты исследования с участием испытуемых-добровольцев. В центре анализа - биоэлектрическая активность мозга. Работы отличает использование «безартефактных» (не металлических) электродов, проводов и микроманипулятора.

Реакции нейронов на 1 мин воздействие ЭМП с ППЭ <math> < 300 \text{ мкВт/см}^2 </math>



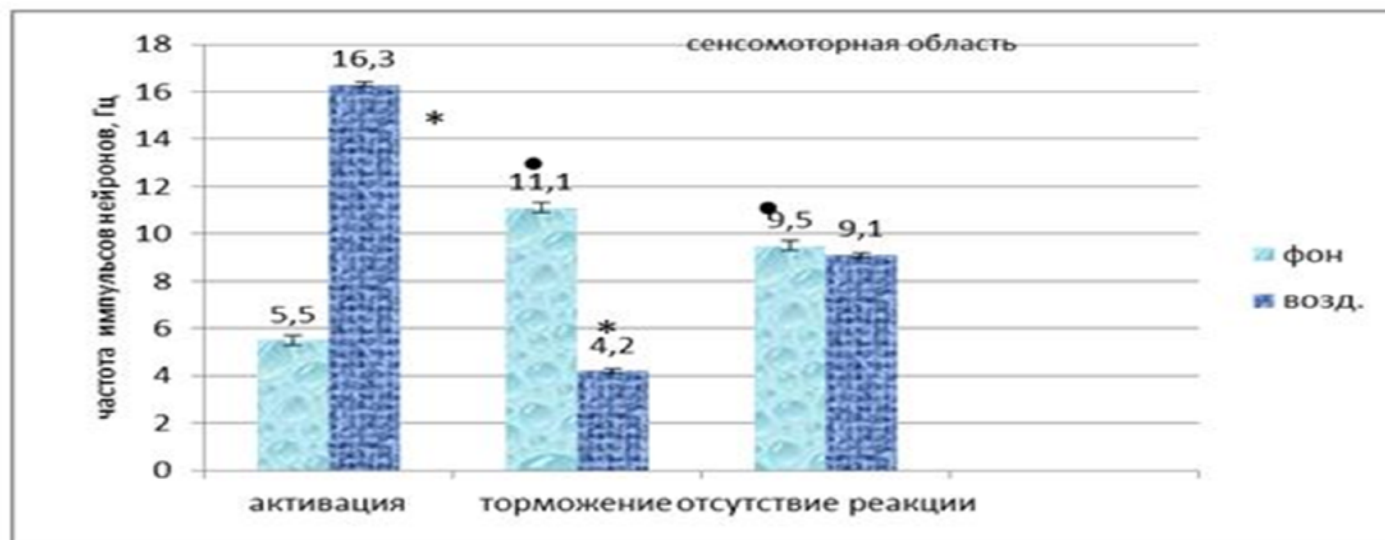
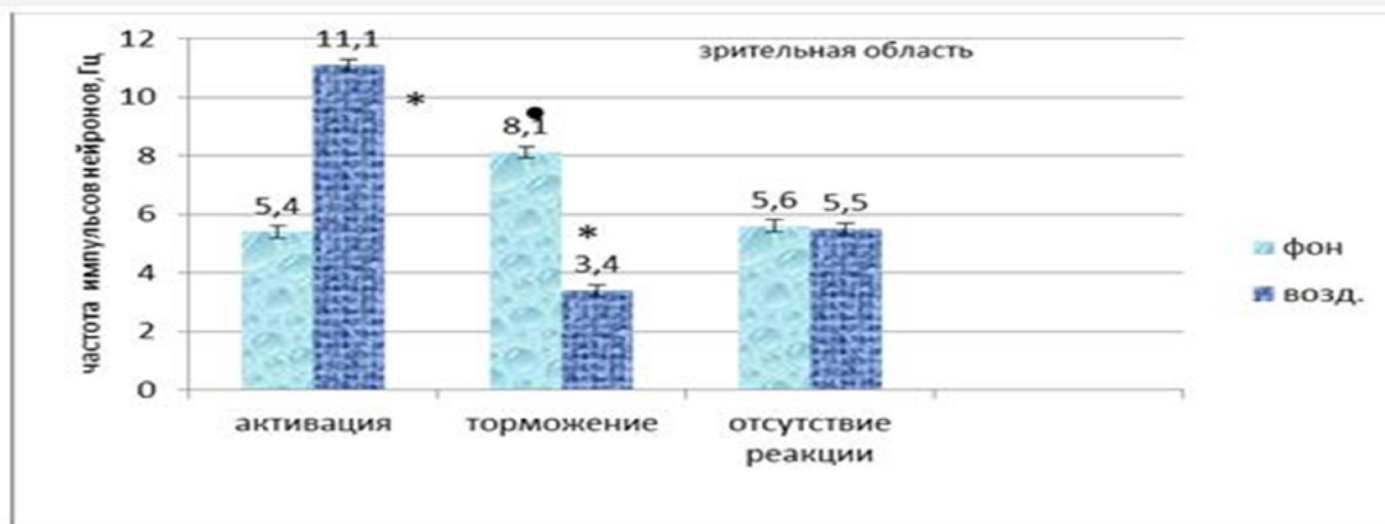
анализ импульсной активности нейронов головного мозга кролика в сериях с различными режимами ЭМП, записывая нейроны от различных отделов коры, сравнивая эффекты ЭМП с ответами на слабые: свет, звук, ПМП



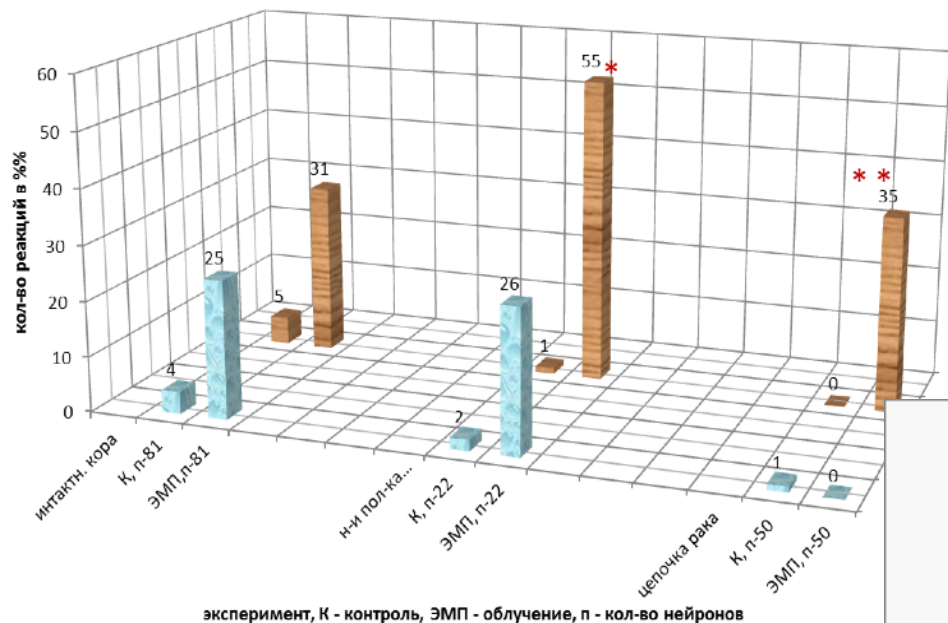
воздействие, кол-во нейронов, записанных от задних, передних и центральных областей коры, соответственно

1. Изучаемое слабое ЭМП воздействие -неспецифический, неадекватный раздражитель для нейрона.
2. Основная реакция – уменьшение количества импульсов, т.е. усиление процессов торможения – важная фундаментальная характеристика для реакции ЦНС.

Определяющее значение исходного фона в наличии и феноменологии реакции нейрона на ЭМП нетепловой интенсивности

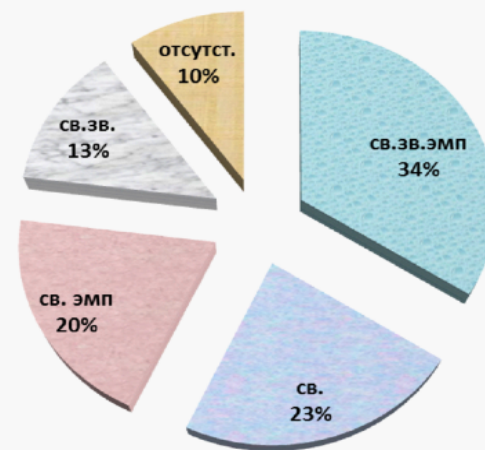


К вопросу о механизме формирования реакции нейронов на ЭМП



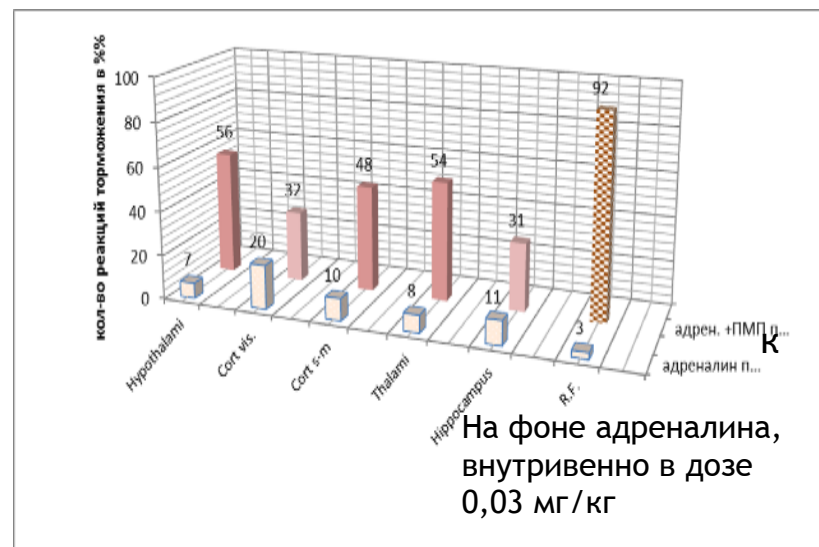
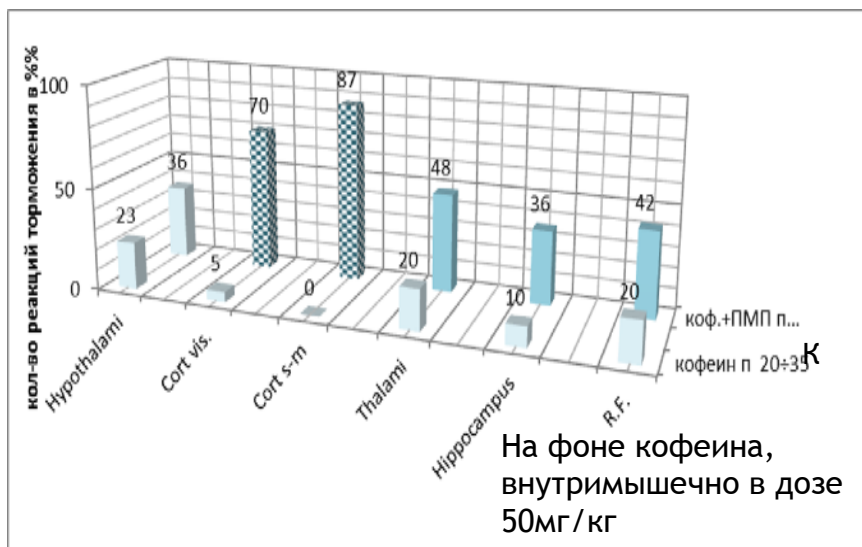
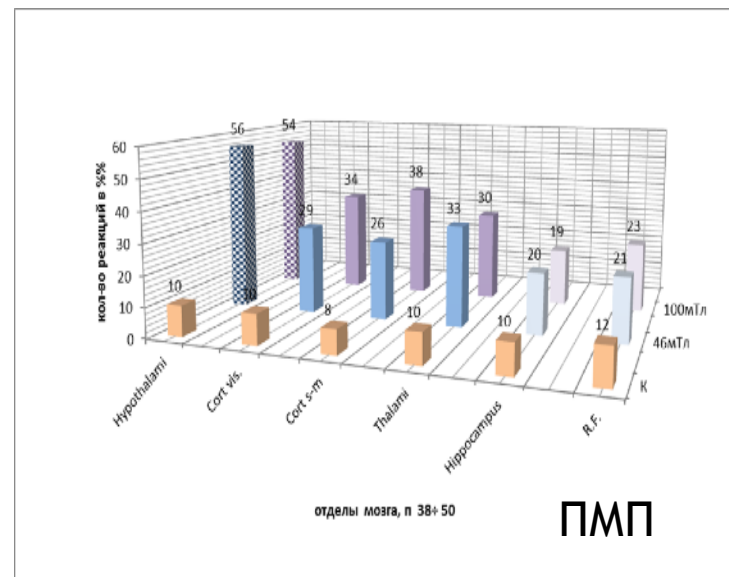
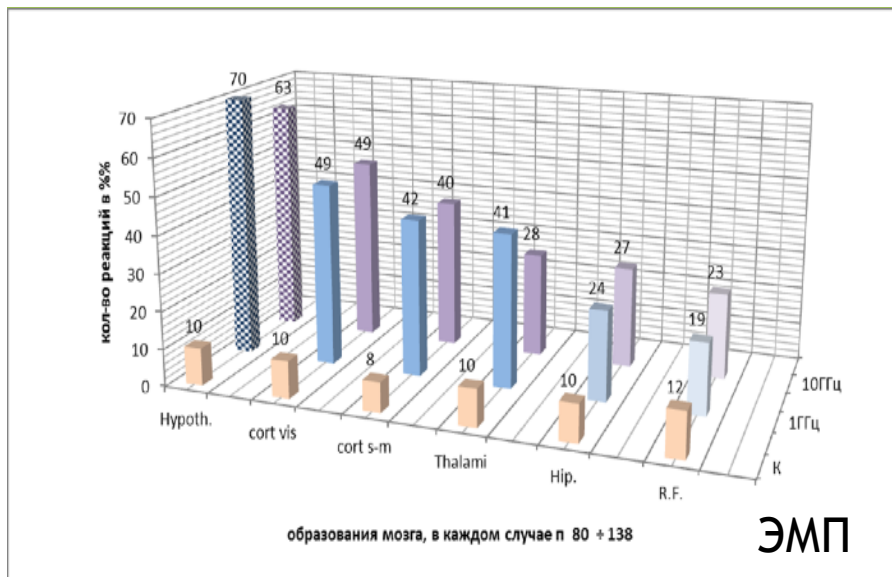
доказательство возможности непосредственного действия ЭМП на нейроны мозга в экспериментах на: интактном мозге; нейронально - изолирован. полоске коры; нервной цепочке речного рака

Из 70 нейронов зрительной области не было ни одного, который реагировал бы только на ЭМП

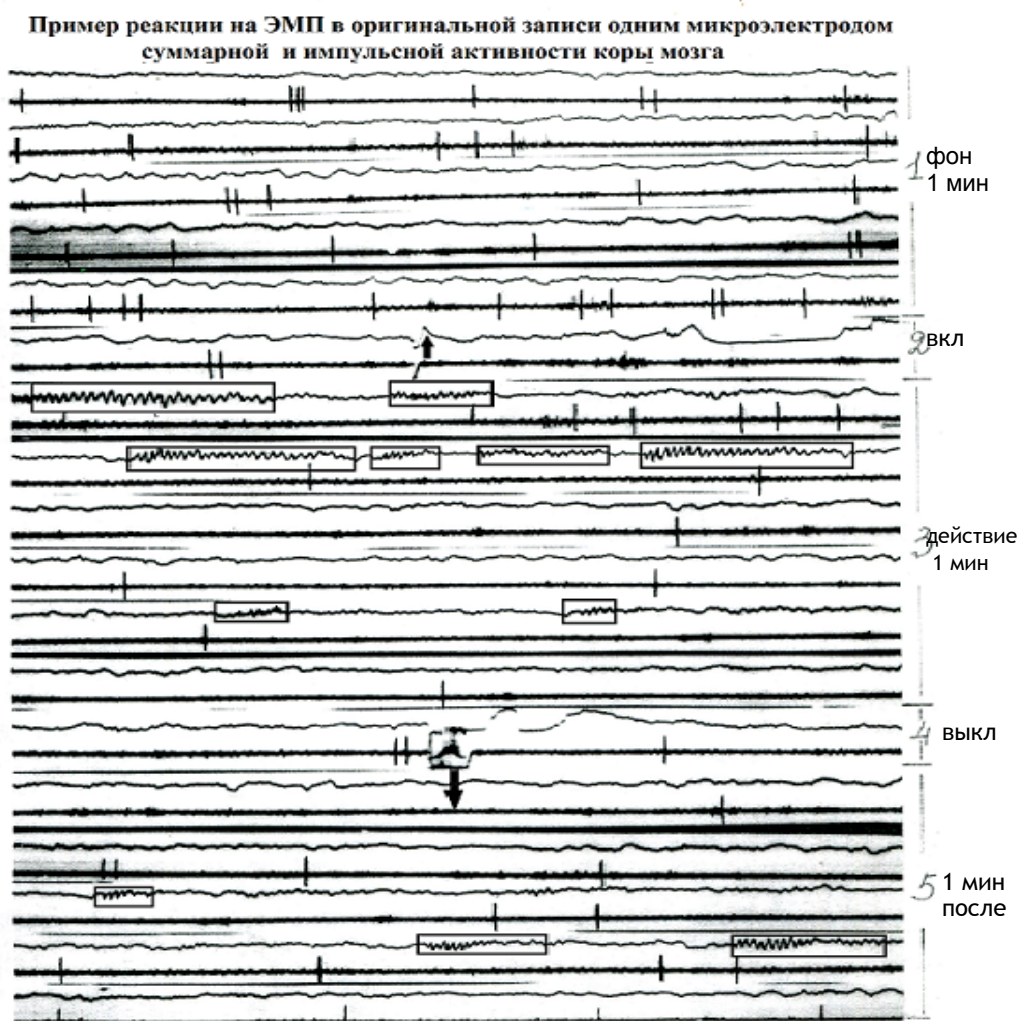


отсутствие нейронов, реагирующих только на ЭМП

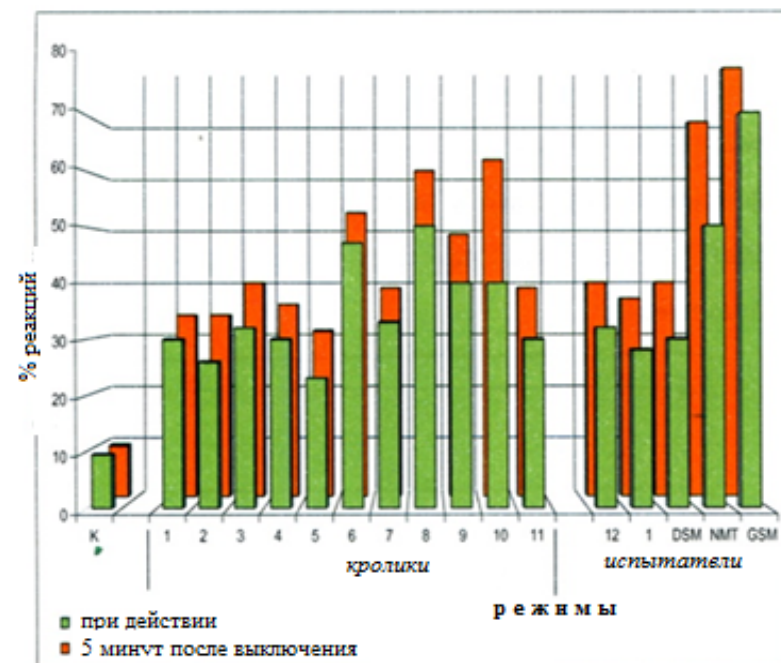
Участие различных отделов мозга в реакциях на ЭМП и ПМП



От нейрона к суммарной биоэлектрической активности мозга



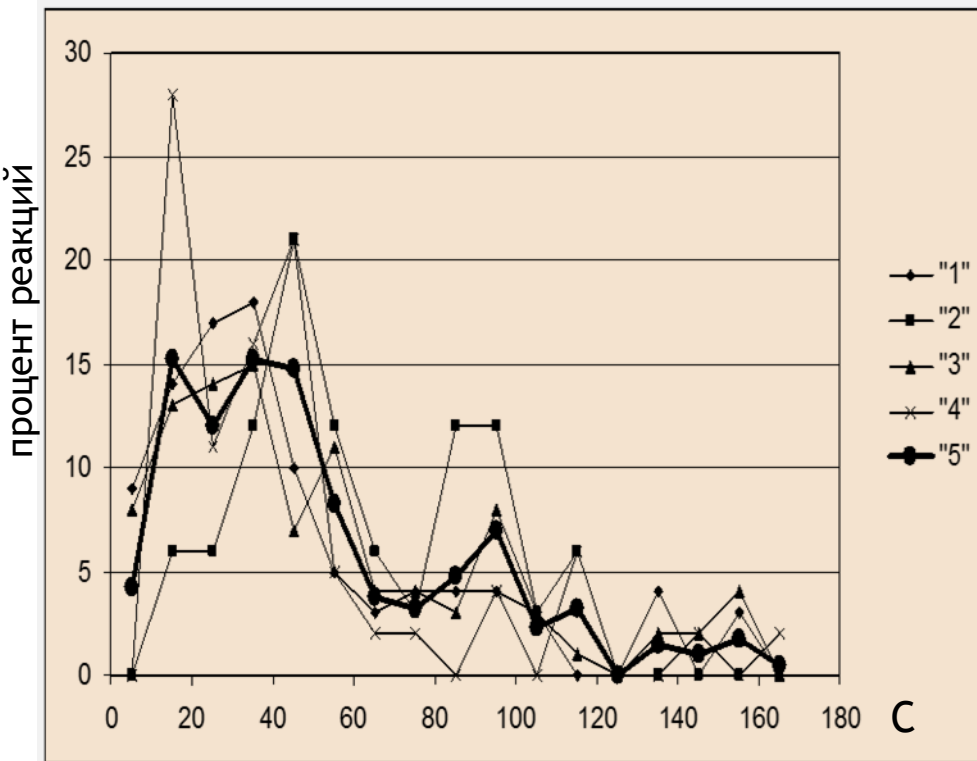
10 см/с



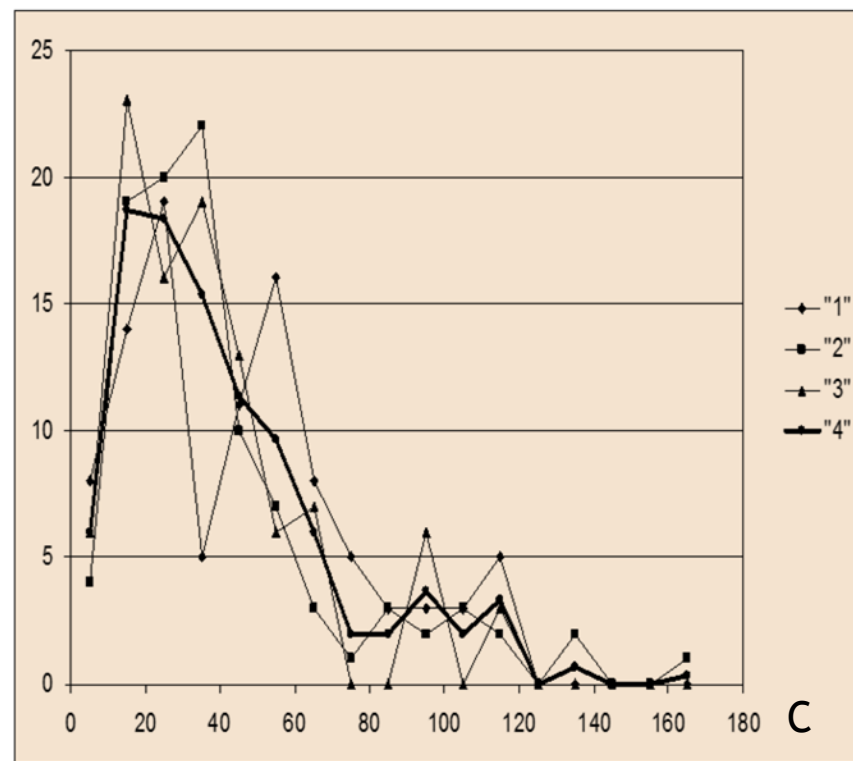
ЭЭГ-изменения на пятиминутные ЭМП различных режимов у кроликов и испытуемых-добровольцев

Примечание: Ось ординат — прочность реакции (процентное отношение количества достоверных изменений к общему количеству воздействий). Ось абсцисс — экспериментальные серии: К — усредненный данные по 5 контрольным исследованиям; в каждой серии $10 < n < 20$

Кривые распределения латентных периодов ЭЭГ-изменений при действии ЭМП (А) и после выключения (Б)



A



B

Зависимость ЭЭГ-изменений на ЭМП от фоновых характеристик

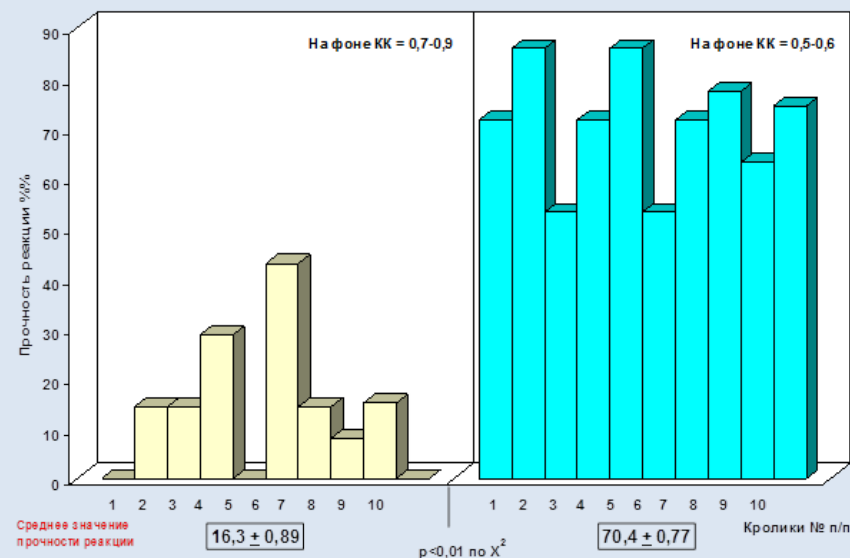
Тип ЭЭГ (группы)	Характеристика альфа-диапазона (8.1 – 13 Гц)						Кол-во испытуемых с таким типом ЭЭГ	% реакций на ЭМИ
	% в спектре		Диапазон частот, Гц		Амплитуды, мкВ			
	ОГ	ЗГ	ОГ	ЗГ	min	max		
I	30.5	34.1	9.5 – 11.4	8.7 – 12.3	13	63	9	55.6
II	26.0	31.0	10.1 – 10.4	9.1 – 11.3	16	51	6	100.0
III	18.9	27.0	10.7 – 10.9	10.3 – 12.0	13	43	8	75.0
IV	17.6	21.8	9.0	9.3 – 10.6	10	30	6	0

Типологические особенности альфа диапазона ЭЭГ испытуемых

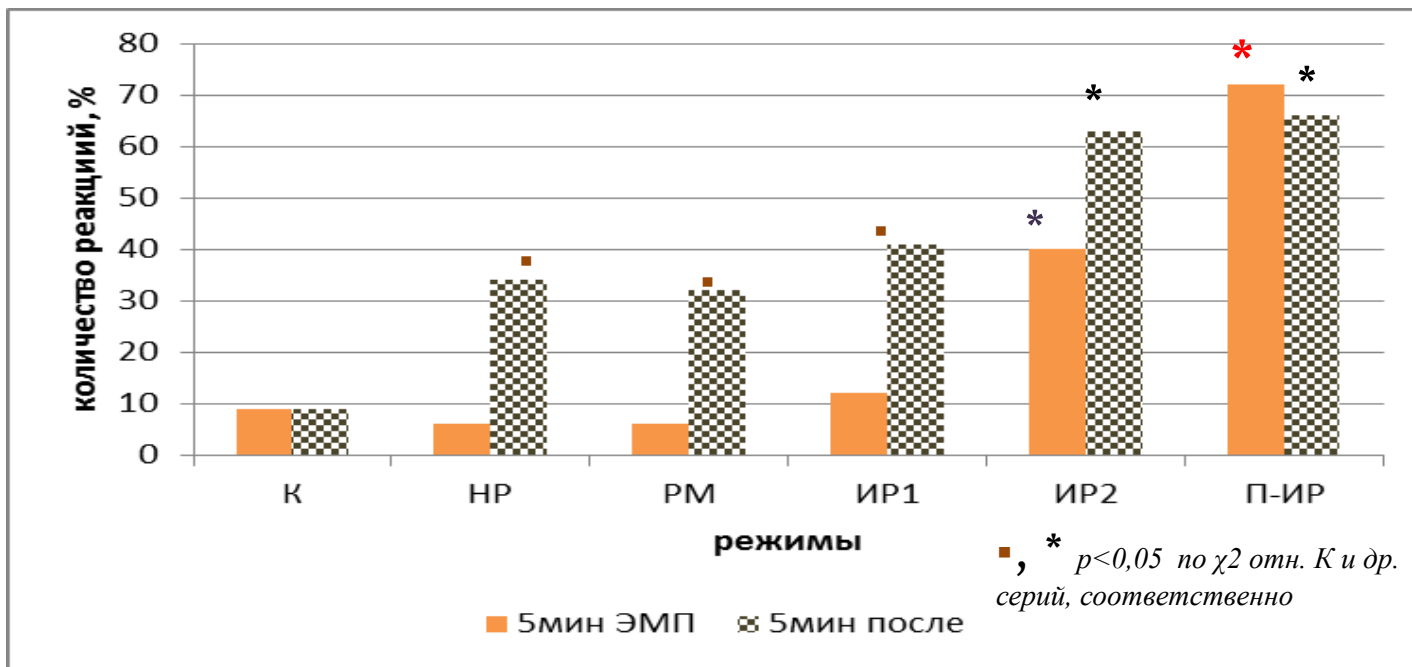
Число 10-минутных отрезков: 5 мин – фон + 5 мин облучение		Мода в кривой распределения КК за 5 мин				
истинное	ложное	фон	облучение		контроль	
			значение	% случаев	значение	% случаев
30	30	0.2-0.4	0.6-0.7	46.7*	0.4-0.5	3.3
30	30	0.5-0.6	0.2-0.3	73.3**	0.5-0.6	0
30	30	0.7-0.9	0.5-0.6	13.3	0.6-0.7	6.6

* - $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ по χ^2 относительно соответствующего контроля, эпоха анализа КК – 4 с.

Сходство ЭЭГ в передних и задних отделах коры у кроликов



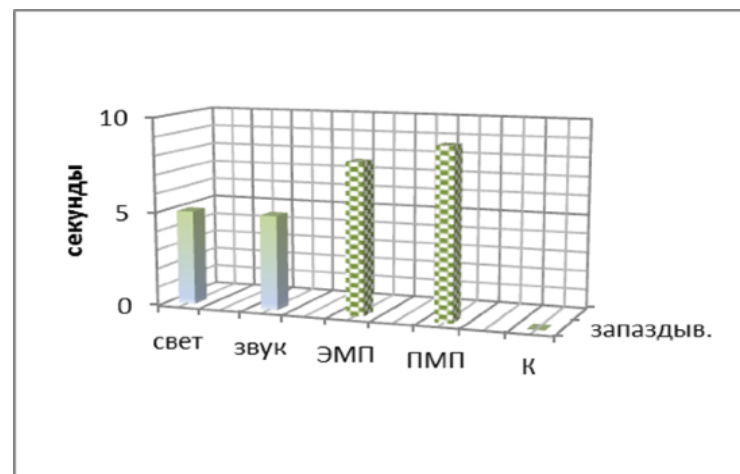
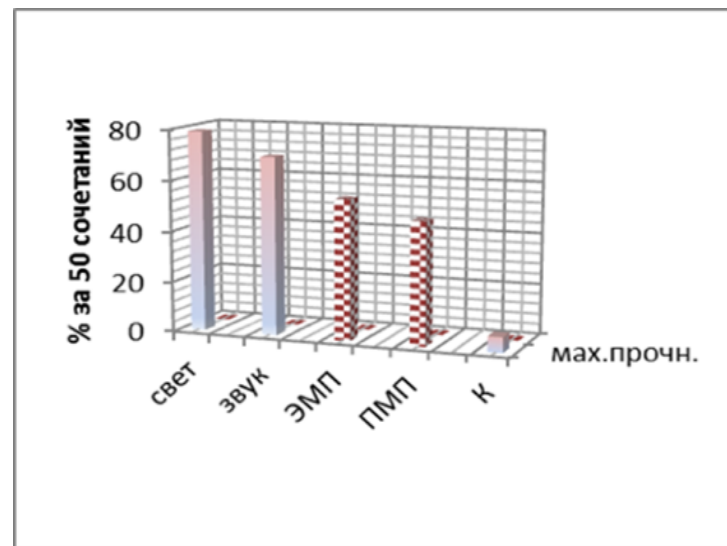
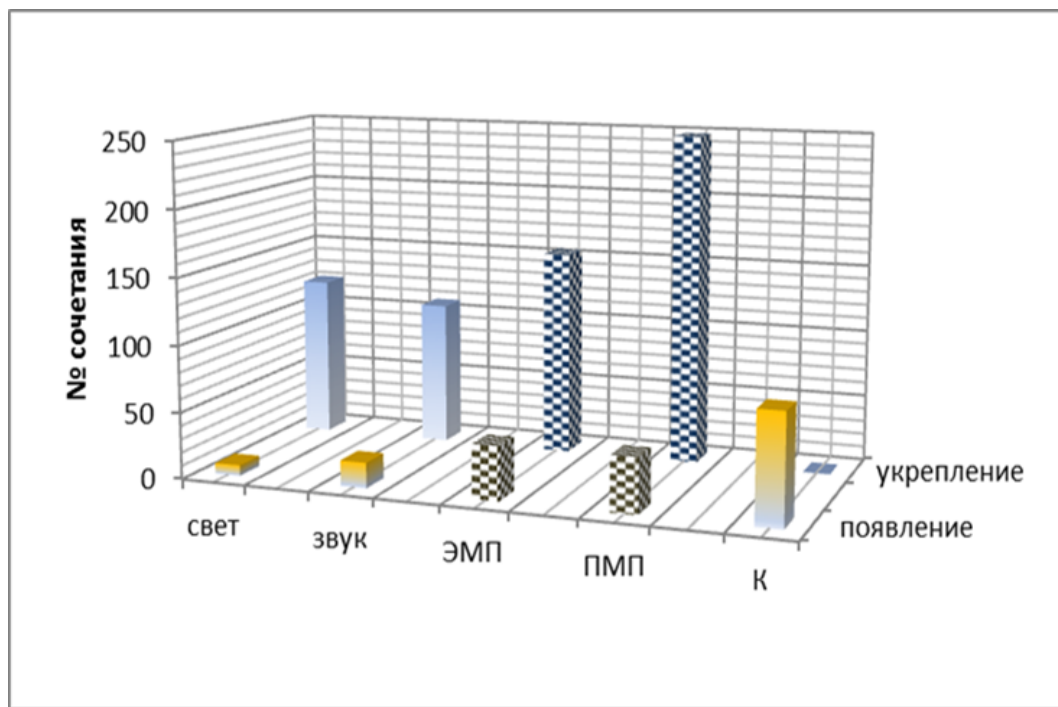
Изучение влияния режимов и параметров ЭМП на реакцию мозга по ЭЭГ показателю



режим, условное обозначение	несущая частота, f (ГГц)	параметры					ППЭ сред мкВт/см ²
		импульса			пачек		
		τ, мс	F, Гц	ППЭ, мкВт/см ²	τ, мс	F, Гц	
непрерывн. НР	1.2						300
имп-ный, ИР 1	1.2	0.4	1000	300			120
имп-ный, ИР 2	1.2	16	0.12	300			0.576
пач.-имп.П -ИР	1.2	0.4	1000	300	16	0.12	24.04
меандр« РМ «	6	10	50	200			100

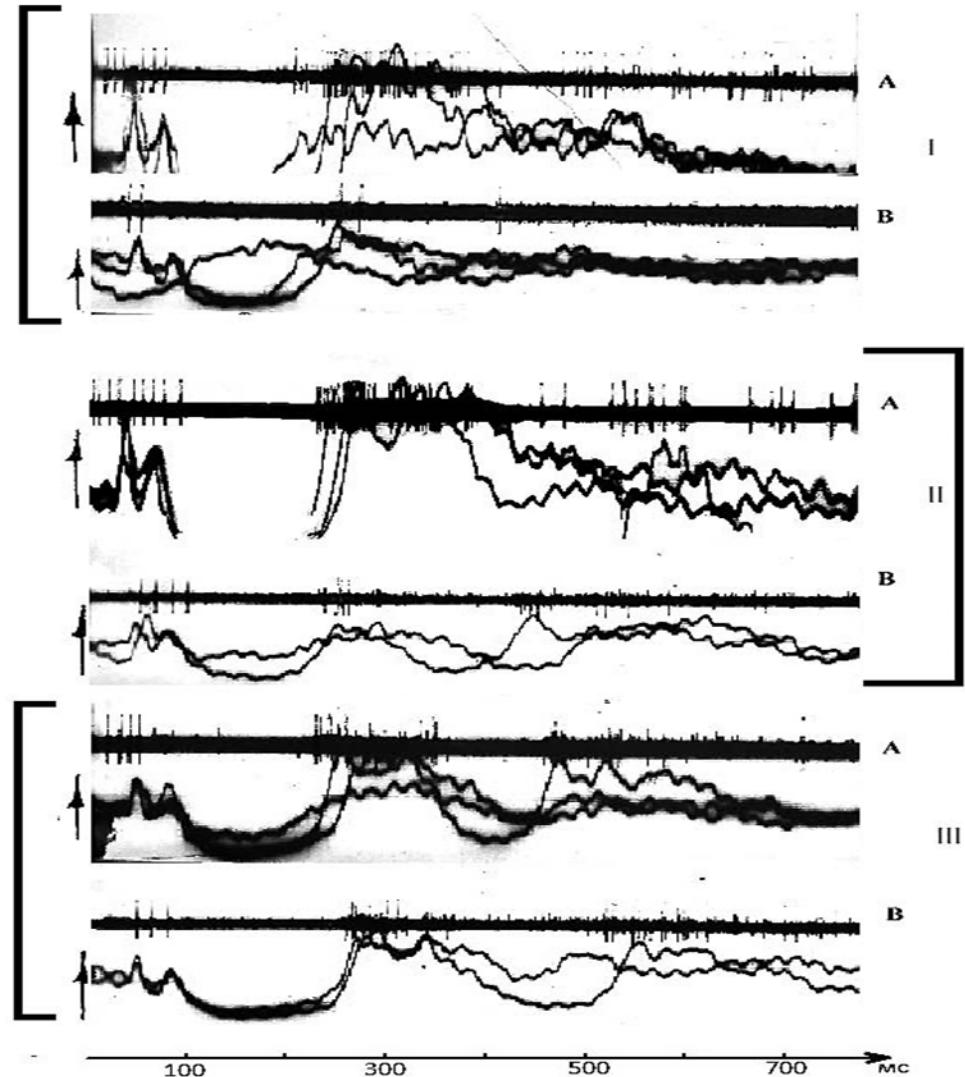
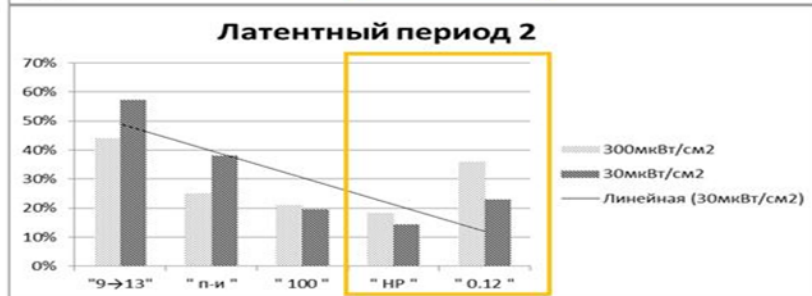
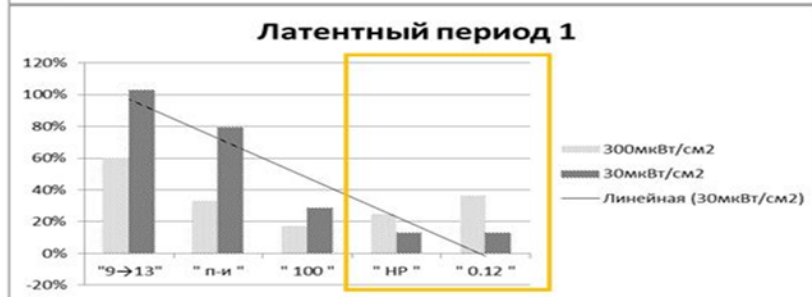
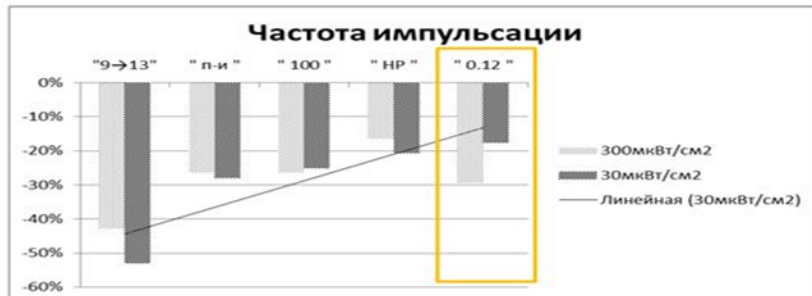
Влияние на центральную нервную систему

- Сравнение выработки условных электрооборонительных отставленных рефлексов избегания на ЭМП, ПМП, свет, звук.



Примечание: свет -50Гц, 0.62Дж; звук – щелчки 50Гц, на 15дБ выше порога слышимости человека; ЭМП -6ГГц, меандр 50Гц, 200мкВт/см² имп.; ПМП – 100мГц; в каждой серии кол-во кроликов -5 ; отставление безусловного подкрепления от начала действия условного сигнала — 20 с. Безусловное подкрепление — электрический ток пороговой величины для проявления электрографического отклика на ЭМГ, совместное действие — 2,5 с,

Влияние СВЧ ЭМП различных параметров на реакцию нейронов на вспышки света



Проведенная линия показывает тенденцию снижения эффектов ЭМП в зависимости от режима. В выделенных прямоугольниках отмечено преобладание ППЭ 300 мкВт/см², по сравнению с 30 мкВт/см² - в остальных вариантах облучения. За 0% принят результат изолирован. действие вспышки

От ЦНС - к организму

1.5 час операторской работы испытателя на фоне ЭМП

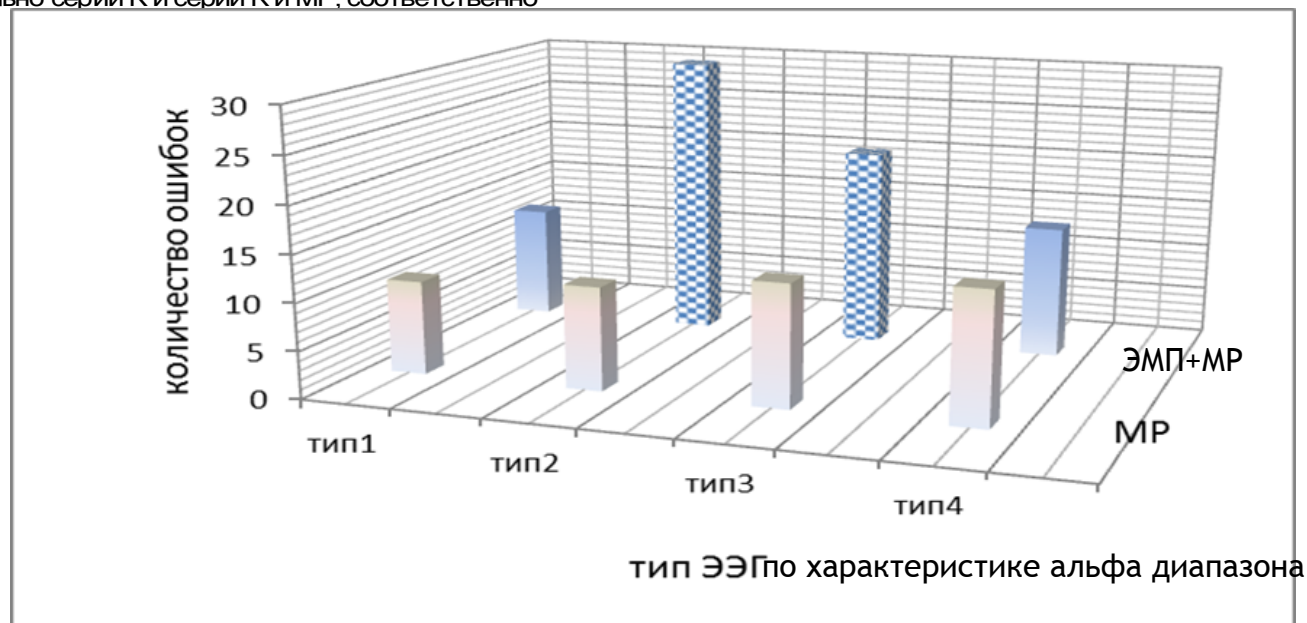
серия (условное обознач.)	кол-во испыт.- добров ольцев	% добровольцев с достоверными изменениями показателей					
		ЭЭГ	КК ЭЭГ Fr-Or	ЭКГ (час-та пульса)	РЭГ	АД	t ⁰ кожн. покро- вов
К(ложно)	19	26.3 ↑ α	15.7	21.1	15.7	5.3	15.7
монот.раб. (MP)	19	36.8 ↑ α	36.8	15.7	21.1	15.7	26.3
MP+ЭМП 6Гц, меандр 50Гц, ППЭимп. 200мкВт/см ²	19	68.4 ↑ α **	68.4 ↑ **	52.9 ↓ **	52.9 ↓ **	47.4 ↓ **	68.4 ↓ **
активн.раб. (AP)	10	70 ↑ θβ *	50*	40	30	10	30
AP+ЭМП	10	60 ↑ θβ*	30	40	30	0	30

Примечание: *, ** P<0.05 по χ² относительно серии К и серий К и MP, соответственно

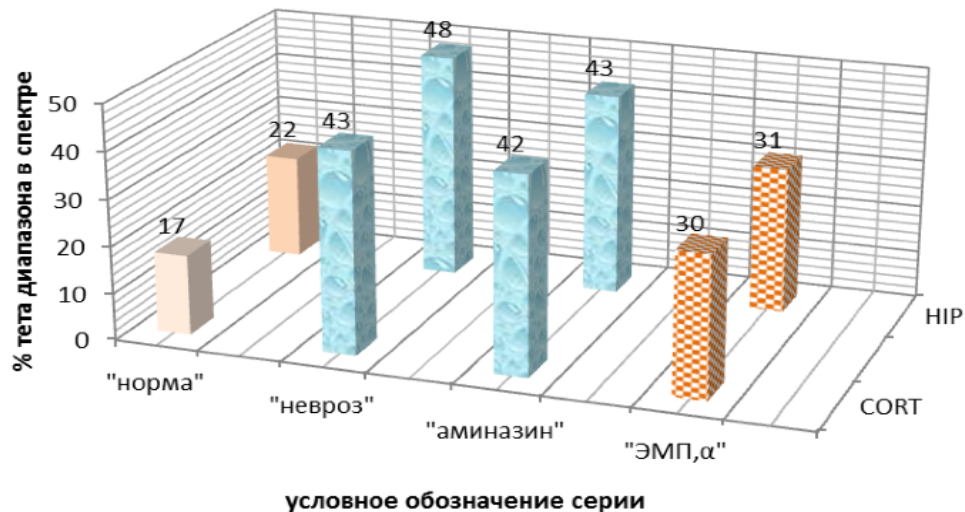
Слабое ЭМП как раздражитель для ЦНС подчиняется законам физиологии о повышении его биологической значимости.

Показана вероятность изменений, не только в ЦНС, но и других системах организма.

количество ошибок в монотонной работе оператора за 1.5ч

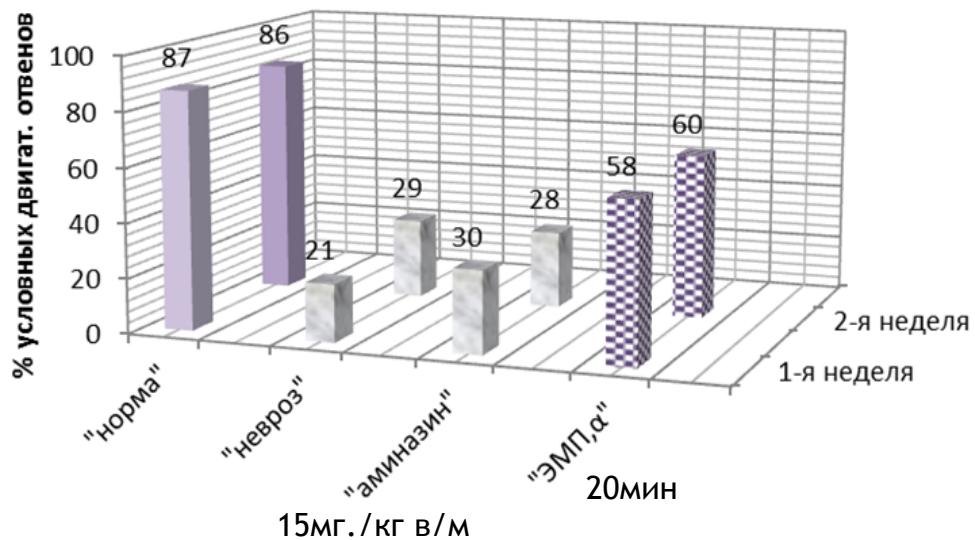


Результат 10 дней терапии экспериментального невроза



Профессиональное хроническое облучение

«При очередном решении вопроса о пересмотре ПДУ для лиц, профессионально связанных с импульсными СВЧ РЧ, учесть возможность развития нарушений в деятельности нервной системы в результате длительной работы в ближней зоне с ППЭ на рабочем месте в пределах 0,34-314 мкВт/см²



При рассмотрении вопроса о профессиональной вредности работающих в условиях низкоинтенсивных импульсных СВЧ учесть возможность развития :синдрома вегетативно-сосудистой дистонии по гипертоническому типу, синдрома вегетативно-сосудистой дистонии по смешанному типу и гипертонической болезни в соответствии со стажем работы: 1-5, 6-15, 16-25, 26-35 лет, соответственно.»

(Дисс. канд. мед. наук Н.И. Карпиковой)

Что же такое слабое электромагнитное воздействие?

- Совокупность представленного материала, дополняя данные литературы, доказывает правомерность отношения к ЭМП нетепловой интенсивности и короткой экспозиции как к реально существующему неспецифическому раздражителю для ЦНС, который, согласно законам физиологии, может иметь различную биологическую значимость, что требует тщательного отношения к комплексной оценке параметров воздействия, состояния организма и окружающей среды.

- *Благодарю за внимание*