

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС

Н. В. Лопаткина, В. В. Баркин, Л. С. Буянов, Е. П. Лобкаева

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

Важным биотропным параметром электромагнитного поля, определяющим возможные негативные последствия для организма, является поляризация [1, 2]. Электромагнитные излучения (ЭМИ) с вращающейся плоскостью поляризации являются неременным атрибутом жизни современного человека и особенно групп профессионального риска [3]. Имеются данные о том, что эффективность поразному поляризованного поля неодинакова. Это наблюдается на всех уровнях организации, от биохимических процессов [4] до клинических явлений [5, 6]. В некоторых работах, приводятся свидетельства того, что поляризация электромагнитного излучения дециметрового диапазона приводит к модификации биологических эффектов ЭМИ у экспериментальных животных со стороны высшей нервной деятельности, прежде всего на уровне поведенческого ответа. Имеются примеры зависимости направленности влияния на когнитивные функции ЭМИ с различным направлением вращения плоскости поляризации [7–9]. В связи с этим, есть веские основания рассматривать ЭМИ промышленной частоты с круговой поляризацией, как латентный фактор, представляющий собой опасность как для здоровья производственного персонала, так и качеству профессиональной деятельности.

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния электромагнитного излучения с круговой поляризацией (левой и правой) на поведение крыс.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на белых беспородных крысах-самцах с массой тела 180 – 220 граммов.

Животных содержали в виварии при комбинированном освещении. В качестве корма – стандартный комбикорм гранулированный полнорационный для лабораторных животных (экструдированный) ГОСТ Р 50258-92. Крыс содержали в клетках по три особи. Доступ к корму и воде – свободный.

В качестве источника воздействия использовали экспериментальную радиотехническую систему, включающую:

- генератор;
- усилитель;
- антенную решётку (четыре дисковых излучателя) с переменной поляризацией.

Контроль уровня интенсивности излучения осуществляли с помощью прибора ПЗ-41.

В качестве воздействующего фактора использовали немодулированное ЭМИ с частотой 1 ГГц с правосторонним (R) и левосторонним (L) вращением плоскости поляризации. Среднее значение плотности потока энергии составляло 19,0 мкВт/см².

Для размещения животных в зоне воздействия использовали *контейнер из оргстекла*

Параметры контейнера: 500×300×400 мм, толщина стекла 10 мм (рис. 1). Для экранирования отражённых волн применяли специально разработанную *оснастку*, представляющую собой цилиндрический *кокон диаметром 900 мм*, состоящий из деревянно-пластикового каркаса с натянутым на него материалом «терновник».



Рис. 1. Контейнер для размещения животных во время воздействия ЭМИ

Во время воздействия животных в количестве трёх особей помещали в контейнер, Контейнер располагали внутри ЭМИ-экранирующего кокона, таким образом, чтобы фронтальной (обращённой к излучателю) являлась сторона с параметрами 500×300 мм. Расстояние между излучателем и центром контейнера составляло 2,1 м (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид комплекса реализации воздействия ЭМИ

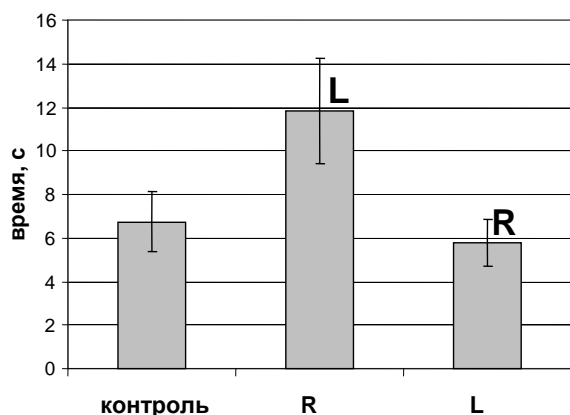
Оценку биологического действия ЭМИ проводили на основе комплексного анализа спонтанного поведения. Исследование структуры поведения крыс проводили на основе методики «открытое поле» [10–12].

Таблица 1
Интегральные показатели структуры двигательной и исследовательской активности

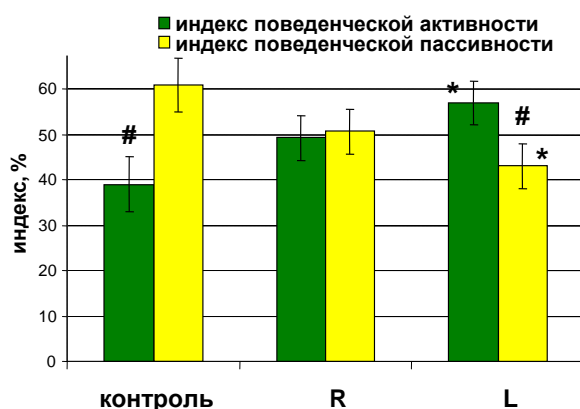
Показатель	Описание
СГА	<i>Суммарная горизонтальная активность.</i> Отражает исследовательскую горизонтальную активность крыс в периферических и внутренних секторах.
СВА	<i>Суммарная вертикальная активность.</i> Отражает исследовательскую вертикальную активность крыс в периферических и внутренних секторах.
СИДА	<i>Суммарная исследовательская двигательная активность.</i> Отражает суммарную исследовательскую (горизонтальную и вертикальную) активность крыс.
ДПОП	<i>Длительность пассивно-оборонительного поведения.</i> Характеризует общую продолжительность реакций пассивного поведения и полного замирания.
ИПП	<i>Индекс пассивности.</i> Характеризует отношение времени пассивного поведения к общему времени наблюдения
ИПА	<i>Индекс поведенческой активности.</i> Характеризует отношение времени активного поведения к общему времени наблюдения
ССД	<i>Средняя скорость движения.</i> Характеризует отношение расстояния пробежки поведения к общему времени наблюдения
ОВА	<i>Относительная вертикальной активности.</i> Отражает долю вертикальной активности по отношению к общему уровню исследовательской двигательной активности

$$\text{СГА} = \text{КЛП} + \text{КЛВ} \quad (\text{шт.}) \quad (1)$$

где *КЛП* – количество локомоций в периферических секторах, шт



а – латентный период адаптации



б – соотношение индексов поведенческой активности и пассивности

* отличие от контроля с $p \leq 0,05$;

– различие между взаимозависимыми показателями с $p \leq 0,05$;

L и R – достоверное различие между показателями, полученными после воздействия ЭМ различным направлением вращения плоскости поляризации с $p \leq 0,05$

Рис. 3. Уровень исследовательской активности

КЛВ – количество локомоций во внутренних секторах, шт

$$СВА = КСП + КСВ \quad (\text{шт.}) \quad (2)$$

где *КСП* – количество вертикальных стоек в периферийных секторах, шт

КСВ – количество вертикальных стоек во внутренних секторах, шт

$$СИДА = СГА + СВА \quad (\text{шт.}) \quad (3)$$

где *СГА* – количество локомоций, шт

СВА – количество стоек, шт

$$ДПОП = ВПЗ + ВПП \quad (\text{с}) \quad (4)$$

где *ВПЗ* – время полного замирания, с

ВПП – время пассивного поведения, с

$$ИПП = \frac{ДПОП + ЛПА}{300} * 100 \% \quad (5)$$

где *ДПОП* – длительность пассивно-оборонительного поведения, с

ЛПА – латентный период адаптации, с

$$ИПА = \frac{300 - (ДПОП + ЛПА)}{300} * 100 \% \quad (6)$$

где *ДПОП* – длительность пассивно-оборонительного поведения, с

ЛПА – латентный период адаптации, с

$$ССД = \frac{0,224 * СГА}{300} * 100 \quad (\text{см/с}) \quad (7)$$

где 0,224 – ширина сектора установки «открытое поле», м

СГА – суммарная горизонтальная активность, шт

$$ОВА = \frac{СВА}{СВА + СГА} * 100 \% \quad (\%) \quad (8)$$

где *СВА* – суммарная вертикальная активность, шт

СГА – суммарная горизонтальная активность, шт

Результаты

Результаты исследования поведения животных подвергавшихся воздействию ЭМИ представлены на 3–8.

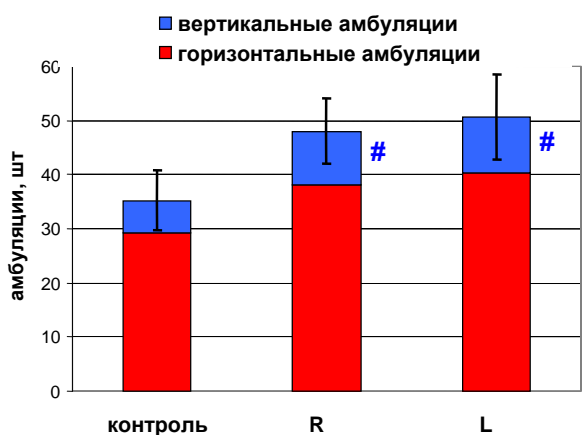
Установили, что воздействие ЭМИ с правой поляризацией (R) привело к увеличению продолжительности латентного периода адаптации на 75 % относительно контроля, после воздействия ЭМИ с левой поляризацией (L) латентный период адаптации уменьшился на 15 % (рис. 3 а). При том, что отклонения от контрольного уровня не были статистически значимыми, разница между показателями опытных групп (R и L) достигла уровня статистической достоверности ($p \leq 0,05$).

Поведение животных в контрольной группе отличалось пассивностью. Соотношение индексов поведенческой активности (ИПА) и пассивности (ИПП) в группе с правой поляризацией (R) свидетельствовало об установлении равновесия между психомоторной реактивностью и неподвижностью (рис. 3 б). Достигнутое состояние было обу-

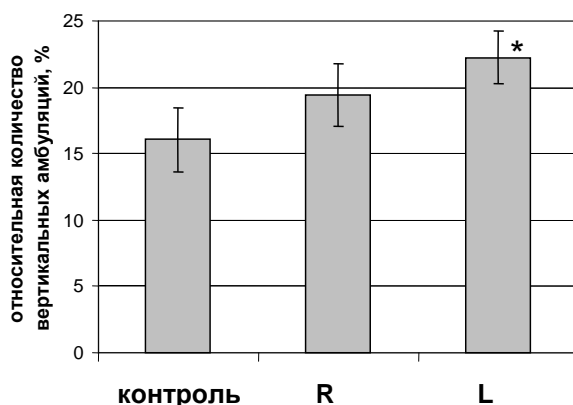
словлено увеличением ИПА на 26 % и уменьшением ИПП на 17 %.

Выявленные закономерности согласуются с увеличением суммарной исследовательской активности (рис. 4 а). После воздействия ЭМИ с правой поляризацией СИДА возрос на 36 %. Отличительной особенностью было статистически значимое увеличение количества вертикальных амбуляций, составившее 63 % ($p \leq 0,05$). У животных, подвергавшихся воздействию ЭМИ с левой поляризацией эффект был еще более выражен и характеризовался увеличением СИДА на 44 %. Количество вертикальных амбуляций при этом увеличилось 72 % ($p \leq 0,05$). После воздействия ЭМИ с правой поляризацией зарегистрировали увеличение относительной доли вертикальной активности на 21 %, после воздействия ЭМИ с левой поляризацией – на 38 % ($p \leq 0,05$) (рис. 4 б).

Количество особей, демонстрировавших исследовательскую активность в центре «открытого поля», в обеих опытных группах практически соответствовало таковому в контроле (рис. 5 а). Однако, у животных, подвергавшихся воздействию ЭМИ как с левой, так и с правой поляризацией, зарегистрировали увеличение средней скорости



а – суммарная исследовательская двигательная активность

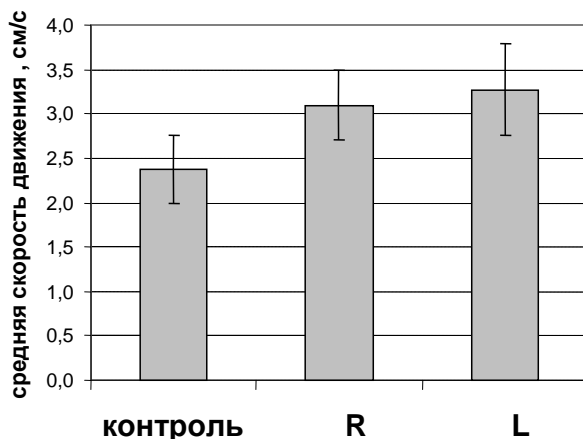
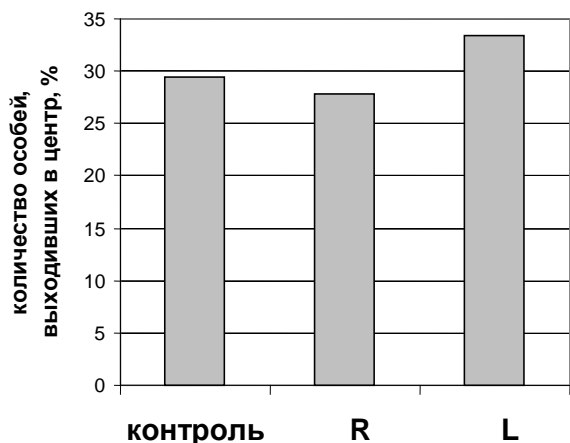


б – доля вертикальной активности

– различие между взаимозависимыми показателями с $p \leq 0,05$

* отличие от контроля с $p \leq 0,05$

Рис. 4. Уровень двигательной активности



а – процент особей, демонстрировавших исследовательскую активность в центре

б – средняя скорость движения

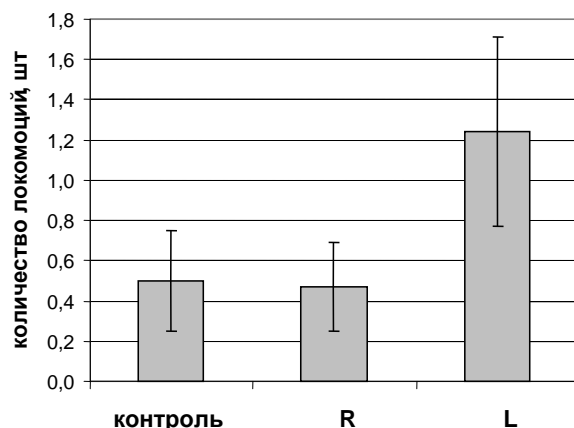
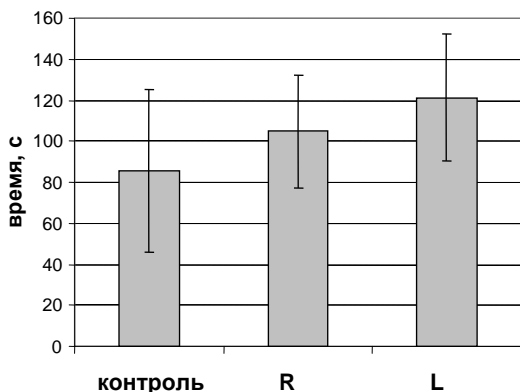
Рис. 6. Особенности реализации исследовательской деятельности

передвижения по арене, составившее соответственно 31 и 38 % (рис. 5 б).

Исследование активности животных в центре арены «открытого поля» показало, что воздействие ЭМИ с левой поляризацией (L), привело к увеличению количества горизонтальных амбуляций во внутренних секторах в 2,5 раза (рис. 6 б), сочетающееся, однако, с увеличением на 42 % продолжительности латентного периода возвращения во внутреннюю область (рис. 6 а). После применения ЭМИ с правой поляризацией (R) зарегистрировали увеличение латентно-

го периода возвращения во внутреннюю область на 23 %.

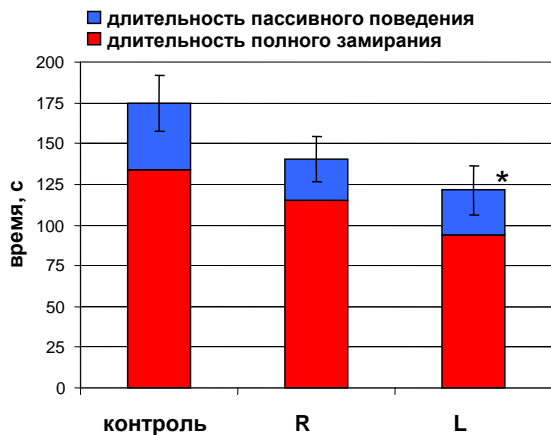
При исследовании эмоциональной сферы зарегистрировали уменьшение длительности реакции пассивно-оборонительного поведения, составившее после воздействия ЭМИ с правой поляризацией (R) 20 %, а после воздействия ЭМИ с левой поляризацией (L) 45 % ($p \leq 0,05$) (рис. а). Причём, если после воздействия ЭМИ с правой поляризацией изменения были обусловлены уменьшением на 38 % длительности пассивного поведения, то после воздействия ЭМИ с левой



а – длительность латентного периода возвращения в центр

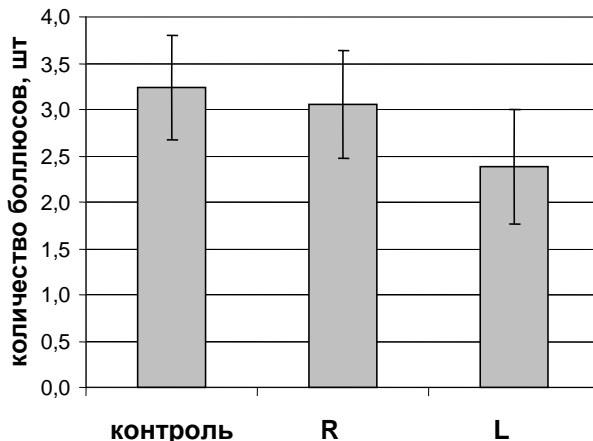
б – количество локомоций в центре арены

Рис. 5. Активность животных в центре арены



а – длительность пассивно-оборонительного поведения

* отличие от контроля с $p \leq 0,05$



б – интенсивность реакции дефекации

Рис. 7. Уровень эмоциональности крыс

поляризацией столь значимый эффект был предопределён как уменьшением длительности пассивного поведения на 32 %, так и уменьшением вдвое времени полного замирания. Также после воздействия ЭМИ с левой поляризацией (L) отмечали снижение интенсивности реакции дефекации на 26 % (рис. 6).

Примечательная картина была получена при исследовании особенностей реализации грумингового поведения. У животных, подвергавшихся воздействию ЭМИ с правой поляризацией (R), наблюдали увеличение общей продолжительности реакции груминг на 19 % относительно контроля, после применения ЭМИ с левой поляризацией увеличение было более выраженным и составило 58 % (рис. 8).

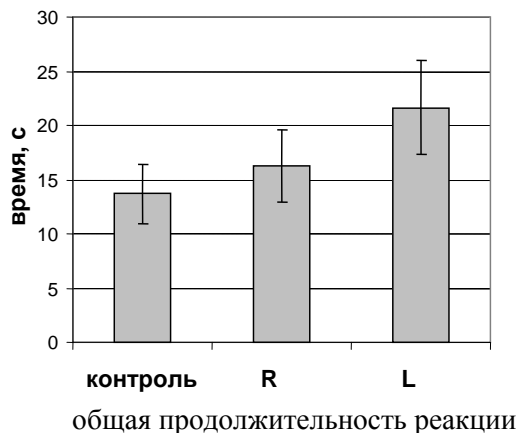


Рис. 8. Длительность реакции груминг
Воздействие ЭМИ с правой поляризацией (R) привело к увеличению на 42 % частоты актов шорт-груминга, количества встряхиваний на 28 %, а также числа чиханий на 39 %. После воздействия ЭМИ с левой поляризацией (L) зарегистрировали увеличение на 39 % количества чиханий.

1. Воздействие кругового ЭМИ с круговой поляризацией приводит к изменению структуры поведения:

- к смещению баланса поведенческой активности и пассивности в сторону уменьшения доли пассивно-оборонительных паттернов;
- повышение психомоторной реактивности, активной форме проявления тревожности.

2. Более заметные эффекты получены при использовании ЭМИ с левой поляризацией.

Список литературы

1. Темурьянц Н. А. Некоторые причины невоспроизводимости результатов исследований биологической эффективности слабых ПЕМП СНЧ / Темурьянц Н. А., Грабовская Е. Ю., Нагаева Е. И. / Геополитика и

экогеодинамика регионов, 2007. – Т. 3. № 1. – С. 46 – 58.

2. Дзензерский В. А. Методология и аппаратная реализация магнитомиллиметровой терапии / Дзензерский В. А., Денга О. В., Плаксин С. В., Соколовский И. И., Соколовская Л. В. / Актуальные проблемы транспортной медицины, 2010. – № 1 (19). – С. 87 – 102.

3. Воронцова З. А. Морфофункциональные соотношения при воздействии импульсных электромагнитных полей / Воронцова З. А., Ушаков И. Б., Хадарцев А. А., Есауленко И. Э., Гонтарев С. Н. // Под ред. И. Б. Ушакова – Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2012. – С. 20.

4. Бинги В. Н. Физические механизмы магнитобиологических явлений / Диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Москва, 2005. – 305 с.

5. Пряхин Е. А. Состояние пула кроветворных стволовых клеток у мышей при воздействии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой / Пряхин Е. А., Полевик Н. Д., Тряпицына Г. А., Коломиец И. А., Андреев С. С., Сафонова Е. В., Белоногова С. П., Аклеев А. В. // Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений 2006: Сборник трудов. – М.: изд-во Алана, 2007. – С. 165 – 175.

6. Джелдубаева Э. Р. Зависимость анальгетического действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ от наличия поляризации ЭМИ и продолжительности курсового воз-

действия / Э. Р. Джелдубаева, Е. Н. Чуян, Е. В. Чуян // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. - 2008. - 21, № 1. – С. 75–81.

7. Пряхин Е. А. Оценка когнитивной функции у крыс при воздействии электромагнитного излучения GSM формата/ Пряхин Е. А., Тряпицына Г. А., Андреев С. С., Чернов К. С., Коломиец И. А., Сафонова Е. В., Полевик Н. Д., Аклеев А. В.// Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений 2005: Сборник трудов. -М: изд-во Алана, 2006. – С. 56–61.

8. Андреев С. С. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на когнитивную функцию у крыс / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Челябинск, 2009. – 24 с.

9. Ушаков В. Л. Особенности действия миллиметровых электромагнитных волн на клетки *Escherichia coli* / Диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Москва, 2001. – 179 с.

10. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения: Пер. с англ. Е. Н. Живописцевой / Буреш Я. и др. – М, 1991. – 399 с.

11. Судаков К. В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу / Судаков К. В. М. 1998. – 268 с.

12. Калуев А. В. Проблемы и методы изучения груминга при анализе стрессорного поведения у грызунов / Калуев А. В. <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1159942&s=>.