

**УДК 612.014.42:591.58:599.323.4**

## **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КРЫС**

*Костюк А.С., Ярмолюк Н.С., Туманянц К.Н., Лебедев А.В.*

*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: alexkostyuk@mail.ru*

Длительное электромагнитное экранирование изменяет поведенческие реакции крыс, проявляющиеся возрастанием времени пассивного плавания и снижением активного в тесте Порсолта, возрастанием уровня депрессивности.

**Ключевые слова:** электромагнитное экранирование, пассивное плавание, активное плавание, депрессивность, тест Порсолта.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Под влиянием различных факторов окружающей среды, в том числе и электромагнитной природы, находятся все живые организмы на Земле. В последние годы, существующие источники электромагнитной природы дополнились различными полями искусственного происхождения, в частности, электромагнитным экранированием (ЭМЭ). Эксперименты с ЭМЭ представляют также значительный практический интерес. При постоянно растущем технологическом процессе людям определенных профессий приходится проводить значительное время в условиях электромагнитной изоляции различного уровня (подземные производства, экранированные технологические циклы и др.) В таких условиях определенные слои населения оказываются в ситуациях ослабленного или сглаженного электромагнитного излучения. Кроме того, в последние годы увеличивается частота встречаемости стрессовых расстройств, которые обусловлены нарастанием количества насилий, терроризма и катастроф. В связи с этим, актуальными являются исследования эмоциональных расстройств, которые приводят к тревожным, агрессивным и депрессивным состояниям объекта, сопровождаемых растущим уровнем заболеваний. Депрессия представляет собой широко распространенное многофакторное расстройство ЦНС, которое характеризуется сниженным настроением, утратой интереса к получению удовольствия, снижением энергии и низкой самооценкой [1–3]. Патогенез депрессии недостаточно изучен и активно исследуется в настоящее время у человека и животных [4]. Тест принудительного плавания Порсолта используется для обнаружения в поведении крыс признаков депрессивности [5]. Поэтому целью данной работы явилось изучение влияния электромагнитного экранирования на поведенческие реакции крыс.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проводились на 20 белых беспородных крысах-самцах массой  $190 \pm 10$  г. Животных содержали при естественном освещении и максимальной стандартизации температурного режима. Кормление и уход осуществляли в привычном для животных режиме вивария. Обеспечивался свободный доступ крыс к пище и воде.

Животных делили на две группы по 10 особей в каждой. Первую группу содержали в обычных условиях вивария (контроль, К). Во вторую группу (ЭМЭ) вошли животные, которых в течение 10 дней помещали в экранированную камеру на время с 17:00 до 9:00 часов утра следующих суток, учитывая, что крысы - животные с ночной активностью. Продолжительность эксперимента составила 10 суток.

Уровень депрессивности животных определяли в тесте Порсолта («вынужденного плавания», ВП) [6]. Этот тест предусматривает оценку двигательной активности крыс, помещенных в металлический цилиндр диаметром 50 см и высотой 60 см, на 1/3 заполненный водой с температурой  $25 \pm 1$  °С, таким образом, чтобы животное не имело возможности опереться задними конечностями или хвостом о дно цилиндра. Животное помещают в цилиндр на 3 мин, в течение которых регистрируют время активного (энергичные гребковые движения всеми конечностями) и пассивного (слабые гребки) плавания, а также латентный период (ЛП) «зависания». Для оценки уровня депрессивного состояния животного рассчитывался индекс депрессивности (ИД):

$$\text{ИД} = t_{\text{пас}} / t_{\text{акт}};$$

где  $t_{\text{пас}}$  – время пассивного плавания,  $t_{\text{акт}}$  – время активного плавания.

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, изготовленной из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной компоненты магнитного поля (МП), составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Коэффициент экранирования внутри камеры для частот от 10–4 до 30 Гц находится в пределах трех-четырёх, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около трех. На более высоких частотах имела место лишь тенденция к ослаблению [7].

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при  $p < 0,05$ . Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel [8, 9].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты проведенных исследований показали, что у контрольной и экспериментальной групп животных уровень депрессивности отличен. Так, характеризуя активное плавание крыс обеих групп, можно отметить, что в течение

10 суток эксперимента уровень активного плавания животных, подвергнутых влиянию ЭМЭ значительно снижался, чем в контрольной группе животных. На четвертые-пятые сутки наблюдения значение показателя снижается на 20% ( $p < 0,05$ ) относительно контроля, достигая при этом максимальных различий. В последующие сутки эксперимента снижение отмечено на 13-16% ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

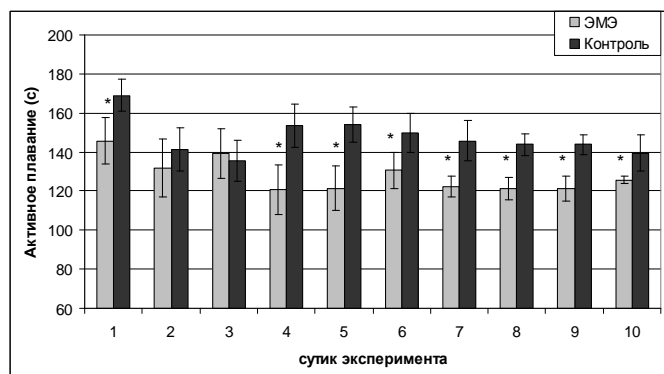


Рис. 1. Уровень активного плавания (с) животных контрольной группы и крыс, содержащихся в условиях ЭМЭ.

Примечание: \* – достоверность отличий относительно контрольной группы: \* –  $p < 0,05$

При этом изменение пассивного плавания прямо противоположно изменениям активного. Так, в течение 10 суток наблюдения отмечен рост уровня пассивного плавания в группе животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, относительно контрольной группы. Начиная с четвертых-пятых суток отмечено повышение показателя на 22-23% ( $p < 0,05$ ) соответственно, относительно контроля. Кроме того, на протяжении всего эксперимента уровень пассивного плавания экспериментальных животных был выше такого в контрольной группе на 14-17% ( $p < 0,05$ ) (рис. 2).

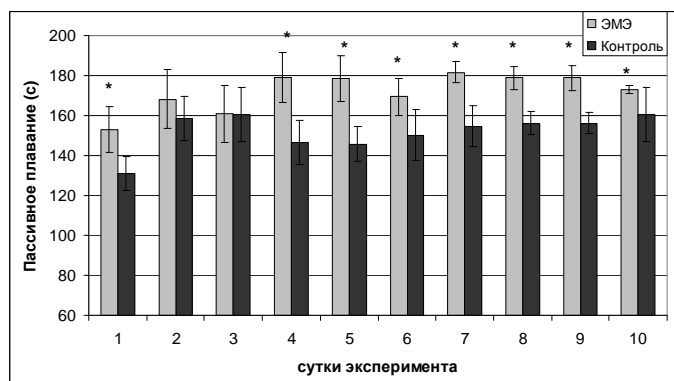


Рис. 2. Уровень пассивного плавания (с) животных контрольной группы и крыс, содержащихся в условиях ЭМЭ.

Примечание: \* – достоверность отличий относительно контрольной группы: \* –  $p < 0,05$

Показателем депрессивности в тесте Порсолта является увеличение отношения пассивного к активному плаванию животных, что и характеризует ИД. Так, в контрольной группе ИД находится в пределах нормы, а именно около 0,98 усл.ед. Тогда как ИД у животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, значительно возрастает относительно контрольных значений, а соответственно в большей степени отклоняется от нормы. Начиная с первых суток эксперимента, ИД у животных экспериментальной группы растет от  $1,24 \pm 0,15$  усл.ед., достигая максимального значения на четвертые сутки наблюдения –  $1,63 \pm 0,17$  усл.ед. В последующие дни эксперимента уровень ИД снижается незначительно, при этом оставаясь за пределами нормы, что достоверно выше значений в контрольной группе животных. Начиная с шестых суток наблюдения, ИД растет от  $1,04 \pm 0,08$  усл.ед. до  $1,20 \pm 0,10$  усл.ед. на десятые сутки, что на 43% ( $p < 0,05$ ) и 34% ( $p < 0,05$ ) выше, чем контроля (рис. 3).

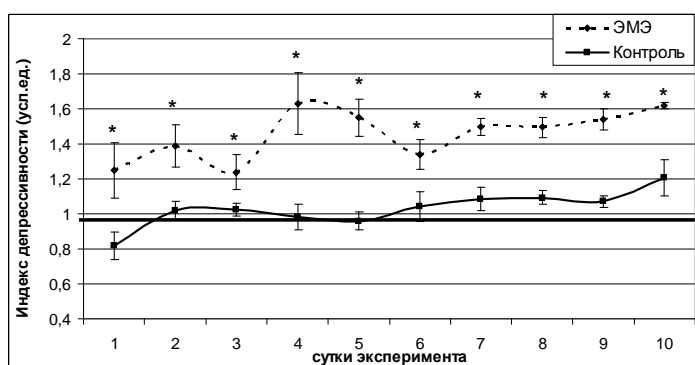


Рис. 3. Индекс депрессивности контрольных животных и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, определяемый в Тесте Порсолта

Горизонтальной жирной линией обозначена норма, для которой индекс депрессивности составляет 0,98 усл.ед.

Примечание: \* – достоверность отличий относительно контрольной группы: \* –  $p < 0,05$

Характеризуя ЛП «зависания», следует отметить, что на протяжении десяти суток эксперимента отмечены достоверные изменения изучаемого показателя в исследуемых группах. Так, уже на вторые сутки эксперимента в группе животных, находящихся в условиях ЭМЭ, ЛП составил  $31,8 \pm 2,6$  с, что  $\approx$  на 26% ( $p < 0,05$ ) ниже контрольных значений. На четвертые и пятые сутки эксперимента уровень ЛП при действии ЭМЭ также снижается на  $\approx$  35% ( $p < 0,05$ ) и 25% ( $p < 0,05$ ) соответственно. Следовательно, снижение уровня ЛП «зависания» в группе животных, подвергнутых влиянию ЭМЭ, относительно значений контрольной группы, также свидетельствует о том, что в условиях экспериментального воздействия повышается уровень депрессивного состояния животных (рис. 4).

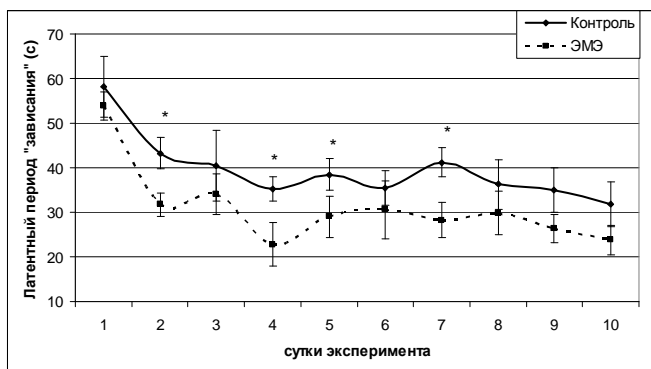


Рис. 4. Латентный период «зависания» контрольных животных и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, определяемый в Тесте Порсолта.

Примечание: \* – достоверность отличий относительно контрольной группы: \* –  $p < 0,05$

В ходе эксперимента нами было отмечено, что у крыс, содержащихся в условиях ЭМЭ, было снижено количество ныряний и прыжков в воде, нежели в контрольной группе животных, что также является характерным признаком депрессивности.

Таким образом, полученные нами данные значительно расширяют представления о влиянии ЭМЭ на позвоночных животных. Так, зарубежными авторами в опытах с белыми мышами (время экспозиции в камере из мю-металла составляло несколько месяцев) была отмечена пониженная активность и аномалии поведения, чаще развивался опухолевый процесс и патологические проявления в функциях печени, почек и половых желез. Это вело к преждевременной смертности [10]. Аналогичные, но не столь выраженные изменения описаны также отечественными авторами [11]. В экспериментах, на кроликах, родившихся под экраном и пролонгированных в этих условиях до одного месяца жизни, также описаны дистрофические изменения со стороны печени и, кроме того, глубокие дисфункциональные нарушения эндокринных органов и миокарда. Соответственно возрос показатель летальности [12].

Пшеничная А.Г. с соавтр. (2010), исследуя крыс с различной функциональной асимметрией, выявили, что острая психическая травма у самок крыс приводит к снижению двигательной активности, исследовательской деятельности, подавлению коммуникативности и повышению уровня тревожности, что свидетельствует о развитии депрессивноподобного состояния. Одновременно повышается уровень агрессивности. Поведенческие признаки депрессивноподобных состояний у самок крыс более выражено проявляются у левшей, что говорит о том, что левши в большей мере подвержены влиянию психической травмы [13]. В лаборатории электромагнитной физиологии и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского выявлено, что ЭМЭ угнетает половую мотивацию крыс как одного компонента полового поведения животных, вызывая при этом функциональный сдвиг адаптационных систем, что указывает на развитие тормозных процессов со стороны ЦНС [14]. Кроме того, выявлено, что слабое ЭМЭ

приводит к увеличению межвидовой агрессивности у крыс, причем более выраженной у самцов, чем у самок [14].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что ЭМЭ изменяет поведенческие реакции крыс, вызывая при этом повышение уровня депрессивности, что может привести к расстройствам нервной системы, увеличению агрессии и тревожности животных. Дальнейшее изучение биологической активности ослабленного геомагнитного поля позволит расширить представления о его влиянии на поведение животных.

### **Список литературы**

1. Калуев А.В. Принципы экспериментального моделирования тревожно-депрессивного поведения / А.В. Калуев // *Нейронауки*. – 2006. – №1. – С. 34-56.
2. Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene / A. Caspi., K. Sudgen, T.E. Moffitt // *Science*. – 2003. – Vol. 301. – P. 386-389.
3. Cryan J.F. In search of a depressed mouse: utility of models for studying depression-related behavior in genetically modified mice / J.F. Cryan, C. Mombereau // *Mol. Psychiatry*. – 2004. – Vol. 9. – P. 326-357.
4. Rupniak N.M.J. Animal models of depression: challenges from a drug development perspective / N.M.J. Rupniak // *Behav. Pharmacol.* – 2003. – Vol. 14. – P. 385-390.
5. Айрапетянц М.Г. Коррекция поведенческих и физиологических показателей невротоподобного состояния белых крыс введением янтарной кислоты / М.Г. Айрапетянц, И.П. Левшина, Л.В. Ноздрачева, Н.Н. Шуйкин // *Журн. ВНД*. — 2001. — Т. 51, №3. — С. 360–367.
6. Porsolt R.D. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments / R.D. Porsolt, M.L. Pinchon // *Nature*. – 1977. – № 266. – P. 730–732.
7. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия»*. – 2010. – Т.23, №2. – С. 125
8. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
9. Боровиков В. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов*. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
10. Halpern M.H. Very low magnetic fields: biological effects and their implication for space exploration / M.H. Halpern, H.H. Van-duce // *Aerospace Med. Assoc. 37-th Ann. Sci. Meet. Las-Vegas (Nevada)*. – 1996. – P.281-288.
11. Реакция организма на воздействие «нулевого» магнитного поля / З.Н. Нахильницкая, В.М. Машуркова, Л.А. Адрианова и др. // *Космическая биологическая медицина*. – 1978. – 12, №2.- С. 74-81.
12. Копанов В.И. О биологическом действии на организм гипомагнитной среды / В.И. Копанов, Г.Д. Ефименко, А.В. Шакула // *Изв. АН СССР. Сер. Биол.* - 1979. - №3. – С. 342-354.
13. Пшеничная А.Г. Депрессия поведения после острой психической травмы у самок крыс с различной моторной преференцией / А.Г. Пшеничная, Г.В. Безнин, А.Г. Кусов, С.Г. Цикунов // *Всерос. конф. «Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга»*, Москва, 2–3 декабря 2010 г.). : Мат-лы конф. – 2010. – С. 126-129
14. Ярмолук Н.С. Влияние слабого электромагнитного экранирования на половую мотивацию крыс / Н.С. Ярмолук, К.Н. Туманянц, И.О. Малярова // *Материалы XLII научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов «Дни науки ТНУ им. В.И. Вернадского»*. – Симферополь: ДИАИПИ, 2013. – С. 60-61.

15. Костюк А.С. Слабое электромагнитное экранирование увеличивает межвидовую агрессию / А.С. Костюк, М.О. Малярова, Е.В. Чуян // Материалы XLII научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов «Дни науки ТНУ им. В.И. Вернадского». – Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. – С. 38-40.

**Костюк О.С. Вплив тривалого електромагнітне екранування на поведінкові реакції щурів / О.С. Костюк, Н.С. Ярмолюк, К.Н. Туманянц, О.В. Лебедєв // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 75-81.**

Тривале електромагнітне екранування змінює поведінкові реакції щурів, які проявляються зростанням часу пасивного плавання і зниженням активного в тесті Порсолта, зростанням рівня депресивності.

**Ключові слова:** електромагнітне екранування, пасивне плавання, активне плавання, депресивність, тест Порсолта.

**Kostyuk A.S. Long-term effects of electromagnetic screening for behavioral response of rats / A.S. Kostyuk, N.S. Yarmolyuk, K.N. Tumanants, A.V. Lebedev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2013. – Vol. 26 (65), No. 2. – P. 75-81.**

Long-term electromagnetic shielding alters the behavioral responses of rats, manifested increasing time passive navigation and reduced activity in the Porsolt test, an increase in the level of depression.

**Keywords:** electromagnetic shielding, passive swimming, actively swimming, dpressivnost, Porsolt test.

*Поступила в редакцію 28.04.2013 з.*