

УДК 591.044 : 615.849.11

УЧАСТИЕ ОПИОИДНОЙ СИСТЕМЫ В ИЗМЕНЕНИИ АГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

*Темурьянц Н.А., Туманянц К.Н., Костюк А.С., Хусаинов Д.Р., Черетаев И.В.,
Чайка А.В.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия
E-mail: timur328@gmail.com*

Длительное электромагнитное экранирование увеличивает межвидовую агрессивность крыс. Более выражено возрастание агрессивности в условиях экранирования у самцов, чем у самок. Введение животным налоксона с 1 по 5 сутки не изменяет уровень агрессивности, а с 7 по 10 сутки наблюдения снижает, что, по-видимому, связано с фазными изменениями активности опиоидной системы: её начальное угнетение сменяется активацией.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, межвидовая агрессия, налоксон, опиоидная система.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение эффектов электромагнитного экранирования (ЭМЭ) привлекает внимание исследователей различного профиля. Это связано не только с необходимостью решения прикладных задач, заключающихся в выяснении неблагоприятных последствий пребывания и трудовой деятельности в таких условиях, но и с изучением ряда фундаментальных проблем, в частности, доказательства экологической роли геомагнитного поля [1], механизмов действия комбинированных магнитных полей [2, 3], причин и закономерностей модификаций эффектов сверхслабых факторов в условиях экранирования [4, 5].

Адекватной характеристикой целостных реакций организма на любое воздействие, в том числе и ЭМЭ, является изменение поведения, которое играет важную роль в адаптации организма, и рассматривается как интегральный показатель ответа на любое воздействие. Ранее нами было показано, что в условиях ослабленного геомагнитного поля изменяется половое поведение, характеристики вынужденного плавания крыс в тесте Порсолта [6]. Для расширения представлений об изменении поведения в этих условиях необходимы дальнейшие исследования.

Учитывая данные об изменении агрессивного поведения крыс при их пребывании в кольцах Гельмгольца, ослабляющих постоянную компоненту геомагнитного поля [7], мы поставили задачу изучить особенности межвидового агрессивного поведения крыс в условиях длительного экранирования. Основываясь на данных о тесной взаимосвязи между агрессивным поведением и активностью опиоидной системы [8], а также утверждении А.Н. Frey [9] о вовлечении этой

системы в реакцию организма на действие электромагнитных факторов, нами изучено участие опиоидной системы в изменении агрессивного поведения в условиях длительного электромагнитного экранирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 80 белых беспородных крысах – самцах и самках массой 190 ± 10 г. с соблюдением принципов биоэтики в соответствии с международными принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Directive 2010/63/EU, Страсбург, 2010) [10].

В первой серии экспериментов самцов и самок крыс делили на две группы. Крыс каждой группы (отдельно самок и самцов) помещали в ящики размером $790 \times 450 \times 390$ мм из светонепроницаемого пластика, крышки и стенки которых имели вентиляционные отверстия. Обеспечивался свободный доступ животных к стандартному для грызунов корму и воде. Контейнеры с животными экспериментальной группы (10 самок и 10 самцов) помещались в экранирующую камеру ежедневно с 1500 до 1000 ч. следующего дня, т.е. они находились в условиях ЭМЭ 19 часов в сутки в течение 10 дней.

Ящики с животными контрольной группы ($n=10$) находились за пределами камеры в той же комнате. Для животных обеих групп соблюдался одинаковый режим температуры ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), влажности, освещенности, шума. Освещенность внутри и вне камеры, а также внутри ящичков измерялась с помощью люксметра ТКЛ-ПКМ (модель 63). Внутри ящичков освещенность колебалась от 0,1 до 0,2 лк, внутри экранирующей камеры и в лаборатории, в которой содержались крысы контрольной группы, освещенность была такого же уровня, а в лаборатории, в которой проводили тестирование и уборку клеток, колебалась от 480 до 500 лк. Таким образом, животные находились в условиях темнота / свет 19 и 5 ч соответственно.

Роль опиоидной системы в механизмах изменения агрессивного поведения изучали на крысах – самцах. Для этого каждую группу (контрольную ($n=20$) и экспериментальную ($n=20$)) делили на 2 подгруппы. Крысам I подгруппы ($n=10$) ежедневно в течение 10 дней внутрибрюшинно вводили 0,2 мл физиологического раствора (Юрия – фарм, Украина), животным 2-ой подгруппы ($n=10$) – блокатор опиоидных рецепторов налоксон (Здоровье народа, Украина) в дозе 5 мкг/кг в 0,2 мл физ. раствора.

Ежедневно с 10 до 15 час животных обеих групп извлекали из ящичков для тестирования и уборки клеток. Оценивалась их межвидовая агрессивность в тесте «реакция на мышь». Для этого в течение 3-х минут определяли контакты каждой крысы с интактной мышью.

Реакцию крысы на мышь оценивали по следующей 5-бальной шкале: 0 баллов – нет реакции; 1 балл – крыса обнюхивает мышь; 2 балла – крыса вылизывает и активно обнюхивает мышь; 3 балла – крыса носит мышь в зубах, покусывает ее или активно преследует; 4 балла – крыса преследует мышь и убивает с латентным

периодом более 10 с; 5 баллов – крыса бросается на мышь и убивает ее с латентным периодом менее 10 с.

Экранирующая камера изготовлена из двухслойного железа «Динамо». Ее устройство и экранирующие свойства описаны ранее [1, 11].

Все исследования были проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета специализированных программ «MedStad». Оценку достоверности зарегистрированных изменений проводили с помощью критерия Манна – Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что крысы контрольной группы на протяжении всего 10-дневного эксперимента демонстрировали либо полное отсутствие реакции на мышь (0 баллов), либо обнюхивание животного (1 балл). Пребывание животных в экранирующей камере приводило к возрастанию реакции на мышь как у самок, так и у самцов. Уже на 2 сутки пребывания самок в условиях ЭМЭ агрессивность возрастала более, чем в 2 раза, у самцов эти изменения были более выражены: если на 3-4 сутки агрессивность контрольных животных - самцов оценивалась 0,4-0,6 баллов, то экранирование приводило к ее возрастанию до 1,8 баллов. На 5-6 сутки наблюдения этот показатель несколько снижался (1,25 и 1,0 баллов соответственно), а на 7-10 сутки снова возрастал, достигая максимума на 7 сутки (2,15 балла). На 1 и 10 сутки эксперимента уровень агрессивности достоверно повышался на 382 и 441 % соответственно, в то время как на 5 и 8 сутки наблюдался наименьший рост агрессивности – уровень агрессивности достоверно повышался на 69 и 72% соответственно. В целом была отмечена ритмическая составляющая в динамике агрессивности, более выраженная у животных, находящихся в условиях ЭМЭ (рис. 1).

Таким образом, у крыс, помещенных в экранирующую камеру, в разные дни десятидневного эксперимента межвидовая агрессивность возрастает. Эти данные согласуются с результатами других работ, в которых изучали влияние электромагнитных факторов различных параметров на этот компонент оборонительного поведения животных. Так, было показано изменение агрессивного поведения у крыс с эпилепсией под влиянием переменного магнитного поля интенсивностью 20-500 пТ [12]. В этих исследованиях была обнаружена зависимость выраженности агрессии животных от параметров поля. В работах М.Ю. Ходанович и др. (2013) [7], Т.А. Замощиной и др. (2012) [13] описано возрастание внутривидовой агрессивности крыс в условиях ослабления геомагнитного поля кольцами Гельмгольца. Ими показано, что 25 суточное воздействие гипогеомагнитной среды приводит к увеличению внутривидовой агрессии в ночное время, снижению адаптивных возможностей циркадианной системы крыс к сезонному дрейфу продолжительности светлого промежутка суток и развитию внешнего и внутреннего десинхроноза.

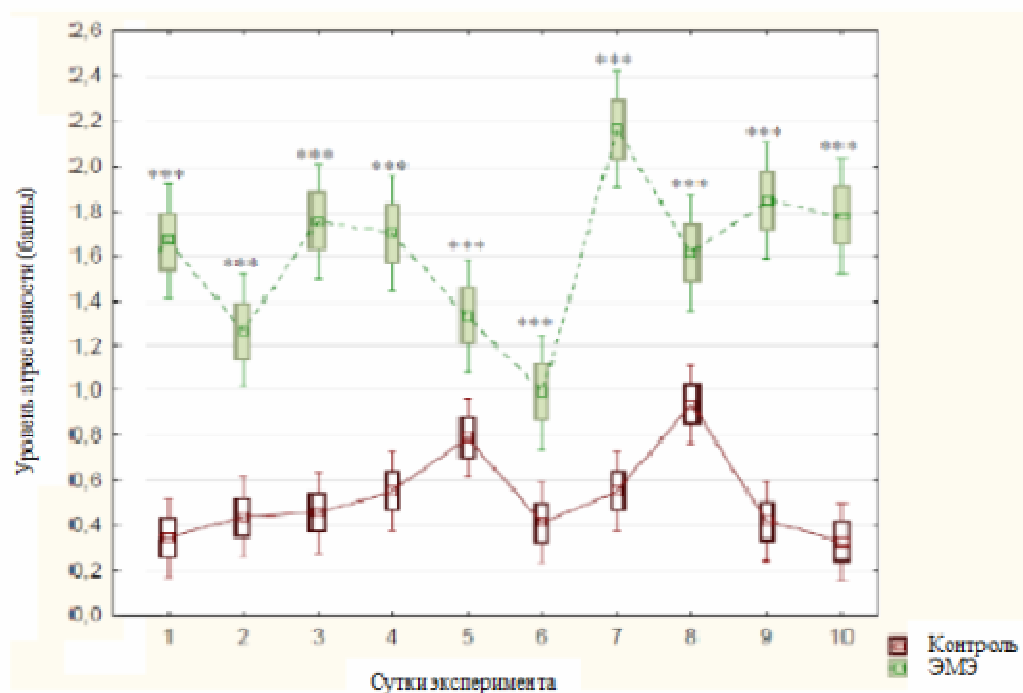


Рис. 1. Динамика агрессивного поведения интактных крыс-самцов, а также животных, подвергшихся электромагнитному экранированию, в тесте «реакция на мышь».

Примечание: звёздочками отмечены достоверные отличия при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ относительно контроля.

Д.В. Девицин и др. (2005) [14], проводя эксперименты в многослойной пермаллоевой камере (18 часов ежедневного в течение 21 суток), также обнаружили возрастание межвидовой агрессивности крыс, причем по динамике этого показателя ими описаны индивидуальные различия в реакции животных на гипомагнитную среду.

Как показали исследования, в механизмах изменения агрессивного поведения в условиях ЭМЭ важную роль играет опиоидная система.

Оценка межвидовой агрессии у крыс на фоне ЭМЭ, которым ежедневно вводили налоксон по сравнению с животными, после инъекций физиологического раствора выявлены фазные изменения агрессивности. На 2-6 сутки эксперимента блокада опиоидных рецепторов налоксоном не изменяла межвидовой агрессивности крыс, возросшей в результате ЭМЭ. Однако на 7-10 сутки эксперимента следствием введения налоксона явилось снижение агрессивности в 1,5 – 1,7 раз (рис. 2), однако агрессивность в этой группе животных не достигал уровня контрольных животных.

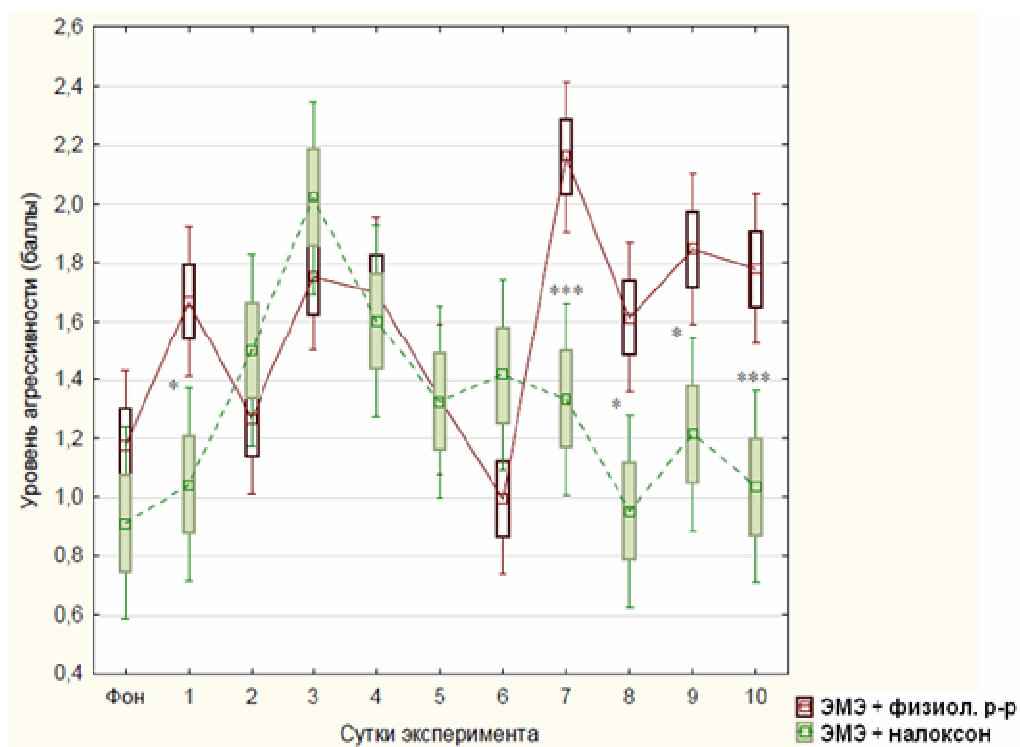


Рис. 2. Динамика агрессивного поведения крыс-самцов, подвергшихся электромагнитному экранированию (ЭМЭ), при введении физ. раствора и налоксона в тесте «реакция на мышь».

Примечание: звёздочками отмечены достоверные отличия при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ относительно ЭМЭ.

Таким образом, опиоидная система участвует в механизмах физиологического действия ослабленного электромагнитным экранированием геомагнитного поля. Эти данные согласуются с результатами других исследователей.

Так, М.Ю. Ходанович и др.(2013) [7] показали снижение числа опиоидергических клеток под влиянием гипомангнитной среды, наиболее выраженное в структурах таламуса и сером околосредовом веществе, а также уменьшение числа активных, т.е. экспрессирующих вещества, опиоидергических нейронов.

Изменения активности опиоидной системы в условиях ослабленного геомагнитного поля следует расценить как причину модификации болевой чувствительности животных, что может быть причиной повышения агрессивности животных. Действительно, Del Serria et. al, (2000) [15] обнаружили снижение антиноцицептивных ответов мышей, находившихся в камере из μ - металла, и роль опиоидов в этом явлении.

Поскольку в нашей работе у интактных крыс-самцов в условиях длительного ЭМЭ также наблюдалось увеличение межвидовой агрессивности относительно контроля на протяжении всего периода эксперимента (рис. 1). На фоне введения налоксона у крыс в условиях ЭМЭ по сравнению с группой, подвергавшейся только ЭМЭ, на 7-10 сутки эксперимента наблюдалось снижение межвидовой агрессивности по сравнению с 1-6 сутками эксперимента.

Следует подчеркнуть, что на разных этапах электромагнитного экранирования, как обнаружено и в настоящем исследовании, изменения активности опиоидной системы не одинаковы. Эти данные согласуются с результатами F.S. Prato et.al (2005) [16].

Ранее нами [17] также было обнаружено, что 3-х фазные изменения ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании которые сопровождаются фазными изменениями активности опиоидной системы, определяемыми по влиянию налоксона на параметры реакции избегания термического стимула: I фаза - торможение ее активации, в силу чего прогрессирует гипералгезия, II фаза - возрастание ее активности, результатом чего является полное нивелирование антиноцицептивного эффекта ферромагнитного экранирования налоксоном, III фаза - прогрессирующее уменьшение активности опиоидной системы, когда налоксон только редуцирует антиноцицептивный эффект, что, по-видимому, связано с развитием ее толерантности к действию ферромагнитного экранирования.

В проведенных исследованиях на 1-5 сутки, по-видимому имеет место торможение активности опиоидной системы, а в последующие 7-10 дни ее активация, с чем связано обнаруженное снижение агрессивности животных. Такие фазные изменения активности опиоидной системы могут быть обусловлены соответствующими перестройками секреции мелатонина, которая меняется под влиянием электромагнитных факторов [18]. При начальном их угнетении секреция мелатонина снижается чувствительность опиоидных рецепторов, уменьшается продукция β -эндорфина. Во II фазе по-видимому, продукция мелатонина усиливается, активируются M1 и M2 рецепторы, а также опиоидная система, что и обуславливает развитие антиноцицептивного эффекта, снижение агрессивности.

Дальнейшее исследования позволят выявить участие и других нейрохимических систем в изменении поведения животных в условиях электромагнитного экранирования. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, в рамках научного проекта р_юг_а № 14-44-01617 (проект «Механизмы изменения поведения крыс в условиях умеренного электромагнитного экранирования»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При десятисуточном электромагнитном экранировании межвидовая агрессивность крыс возрастает уже после 1 суток пребывания животных в экране и не снижается до конца эксперимента. Более выражено повышение агрессивности вследствие экранирования у самцов, чем у самок.

2. Блокада опиоидных рецепторов налоксоном не изменяет уровня агрессивности в течение 1-6 суток эксперимента, а с 6 по 10 сутки межвидовая агрессивность значительно снижается, но не достигает уровня контрольных животных, что связано с возрастанием активности опиоидной системы в этот период.

Список литературы

1. Эффекты слабых электромагнитных воздействий у беспозвоночных животных (регенерация планарий, ноцицепция моллюсков) / Н.А. Темурьянц, Е.Н. Чуян, А.С. Костюк [и др.] – Симферополь: ДИАЙПИ, 2012. – 303 с.
2. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей / В.В. Леднев // Биофизика. – 1996. – Т. 41, Вып. 1. – С. 224–231.
3. Леднев В.В. Биологические эффекты крайне слабых магнитных полей: идентификация первичных мишеней. / В.В. Леднев // Моделирование геофизических процессов. – 2003. – С. 130–136.
4. Коновалов А.И., Рыжкина И.С., Муртазина Л.И. Способ прогнозирования биоэффекта растворов низких и сверхнизких концентраций. Заявка на патент РФ № 2009106496, приоритет от 24.02.09 // БИ. – 20Ю. – № 24.
5. Рыжкина И.С. Самоорганизация высококонцентрированных водных растворов - ключ к пониманию механизма действия сверхмалых доз биологически активных веществ / И. С. Рыжкина // VI Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» – 2012. – С. 90.
6. Влияние длительного электромагнитного экранирования на поведенческие реакции крыс / А.С. Костюк, Н.С. Ярмолюк, К.Н. Туманянц [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 75–81.
7. Влияние долговременного ослабления геомагнитного поля на агрессивность лабораторных крыс и активацию опиоидергических нейронов / М.Ю. Ходанович, Е.В. Гуль, А.Е. Зеленская и др. // Вестник Томского государственного университета. Биология. - 2013. - № 1 (21). - С. 146-160.
8. Aggression and the three opioid families (endorphins, enkephalins, and dynorphins) in mice / S. Tordiman, M. Carlier, D. Cohen [et.al] / Behav Genet – 2003 – Vol. 33, Is. 5. – P. 529–536.
9. Frey A.H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A.H. Frey // FASEB J. 7 – 1993. – No. 2. – P. 272–281.
10. Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.), гл. III, ст. 6.
11. Темурьянц Н.А. Динамика и инфранианная ритмика температурной/болевой чувствительности моллюска *Helix* в условиях воздействия электромагнитных полей / Н.А. Темурьянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2010. – Т. 42, № 4. – С. 329–339.
12. St-Pierre L.S. Experimental induction of inter male aggressive behavior in limbic epileptic rats by weak, complex magnetic fields: implications for geomagnetic activity and the modern habitat? / L.S. St-Pierre, M.A. Persinger, S.A. Koren // The International Journal of Neuroscience. – 1998. – Vol. 96, № 3-4. – P. 149–159.
13. Влияние моделируемых гипомангнитных условий дальнего космического полета на ритмическую организацию поведенческой активности крыс / Т. А. Замошина, Н. А. Кривова, М. Ю. Ходанович [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина – 2012. – № 1. – С. 17–23.
14. Девидин Д.В. Динамика физиологических характеристик и эмоционально-поведенческой реактивности животных в преформированной геомагнитной среде / Д.В. Девидин, Н.А. Пальчикова, А.В. Трофимов [и др.] // Бюллетень СО РАМН. – 2005. – № 3. – С. 71–77.
15. Del Seppia C. Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice / C. Del Seppia, P. Luschi, S. Ghione [et al.] // Life Sci. – 2000. – Vol. 66, № 14. – P. 1299–1306.
16. Prato F.S. Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice / F.S. Prato, J.A. Robertson, D. Desjardins [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2005. – Vol. 26. – P. 109–117.

17. Temuryants N.A. Role of the opioid system in the modulation of thermnociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors / N.A. Temuryants, A.S. Kostyuk // Neurophysiology. – 2012. – Vol. 43, Is. 5. – P. 355–364.
18. Темуриянц Н.А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Н.А. Темуриянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2013. – Т. 99, № 11. – С. 1333–1341.

**THE PARTICIPATION OF THE OPIOID SYSTEM IN MODIFYING
AGGRESSIVE BEHAVIOR OF RATS IN CONDITIONS OF
ELECTROMAGNETIC SHIELDING**

*Temuryants N.A., Tumanyants K.N., Kostyuk A.S., Khusainov D.R.,
Cheretaev I.V., Chajka A.V.*

*Tavrida National V.I. Vernadsky University, Simferopol, Russia
E-mail: timur328@gmail.com*

Long-term electromagnetic shielding increases interspecific aggression in rats. More pronounced increase of aggressiveness in terms of shielding in males than in females.

To study the role of the opioid system in the mechanisms of aggressive behavior of male rats under EMS (electromagnetic shielding) each group (control and experimental) were divided into 2 subgroups. Rats subgroup I (n=10) daily for 10 days were injected intraperitoneally with 0.2 ml of physiological saline, animals second subgroup (n=10) - opioid receptor blocker naloxone, at a dose of 5 mcg / kg dissolved in physiological saline.

Interspecific aggression was assessed in the test "reaction to the mouse." To do this, for 3 minutes each rat was determined by contact with the intact mouse.

Results of the study showed that the rats in the control group throughout the 10 - day of the experiment showed a complete lack of response to the mouse (0 points), or sniffing animal (1 point). Stayed animals shielding chamber leads to an increase in c: it is necessary to distinguish two peaks of aggressiveness in the group EMS on the 1st and 10th days of the experiment - the level of aggressiveness was significantly increased by 382% and 441%, respectively, at the same time for 5 or 8 days was observed the lowest growth aggression - aggression level was significantly increased by 69% and 72%, respectively. Marked rhythmic component in the dynamics of aggression is more pronounced in the animals living under EMS.

The introduction of animals with naloxone 1 to 5 days does not change the level of interspecific aggressiveness, and from 7 to 10 days of observation decreases, which seems to be due to phase changes in the activity of the opioid system: depression followed by activation.

Keywords: electromagnetic shielding, interspecific aggression, naloxone, opioid system.

References

1. Temuryants N.A., Chuyan E.N., Kostyuk A.S., Tumanyants K.N., Demtsun N.A., Yarmolyuk N.S., Effects of weak electromagnetic factors on the invertebrates (regeneration of planaria, nociception of snails), Monograph, (Simferopol, 2012).
2. Lednyov V.V., Bioeffects of weak combined fixed and variable magnetic fields, *Biophysics*, 41(1), 224 (1996).
3. Lednyov V.V., Biological effects of extremely weak magnetic fields: identification of primary targets, *Modeling of geophysical processes*, 130 (2003).
4. Kononov A.I., Ryzhkina I.S., Murtazina L.I., Method of predicting the biological effects of low and very low solution concentrations, The patent application of RF № 2009106496, priority from 24.02.09, № 24.
5. Ryzhkina I.S., Self-organization vysokorazbavlenykh aqueous solutions - a key to understanding the mechanism of action of ultra-low doses of biologically active substances, VI International Congress "Weak and ultra -fields and radiation in biology and medicine", 90, (2012).
6. Kostyuk A.S., Yarmolyuk N.S., Tumanyants K.N., Lebedev A.V., Long-term effects of electromagnetic screening for behavioral response of rats, *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry*, 26(65), 2, 75, (2013).
7. Khodanovich M.U., Gul E.V., Zelenskaya A.E., Pan E.S., Krivova N.A., Effect of long-term weakening of the geomagnetic field on the aggressiveness of laboratory rats and activation of opioidergic neurons, *Bulletin of the Tomsk State University. Biology*, 1(21), 146, (2013).
8. Tordiman S., Carlier M., Cohen D., Cesselin F., Bourgoin S., Colas-Linhart N., Petiet A., Perez-Diaz F., Hamon M., Roubertoux P.L., Aggression and the three opioid families (endorphins, enkephalins, and dynorphins) in mice, *Behav Genet*, 33(5), 529, (2003).
9. Frey A.H., Electromagnetic field interactions with biological systems, *FASEB J.* 7, 2, 272, (1993).
10. The European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes, Strasbourg, March 18, 3(6), (1986).
11. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tumanyants K.N., The dynamics and rhythm infradian temperature / pain sensitivity mollusk *Helix* in terms of exposure to electromagnetic fields, *Neurophysiology*, 42(4), 329, (2010).
12. L.S. St-Pierre, M.A. Persinger, S.A. Koren, Experimental induction of inter male aggressive behavior in limbic epileptic rats by weak, complex magnetic fields: implications for geomagnetic activity and the modern habitat?, *The International Journal of Neuroscience*, 96, 3-4, 149, (1998).
13. Zamoschina N.A., Krivova M., Khodanovich Yu., Truhanov K.A., Tukhvatulin R.T., Zaeva O.B., Zelenskaya A.E., Gul E.V., Effect of simulated conditions hypomagnetic deep space missions on the rhythmic organization of behavioral activity of rats, *Aerospace and environmental medicine*, 1, 17, (2012).
14. Devitsin D.V., Palchikova N.A., Trofimov A.V., Selyatitskaya V.G., Treasurers V.P., Dynamics of physiological characteristics and emotional-behavioral reactivity of animals in preformed geomagnetic environment, 3, 71, (2005).
15. Del Seppia C., Luschi P., Ghione S., Crosio E., Choleris E., Papi F., Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice, *Life Sci*, 66(14), 1299, (2000).
16. Prato F.S., Robertson J.A., Desjardins D., Hensel J., Thomas A.W., Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice, *Bioelectromagnetics*, 26, 109, (2005).
17. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Role of the opioid system in the modulation of thermnociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors, *Neurophysiology*, 43(5), 355, (2012).
18. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tumanyants K.N., Involvement of melatonin in changing nociception mollusks and mice with prolonged electromagnetic shielding, *Ros. Fiziol. Zh. them. I.M. Sechenov*, 99(11), 1333, (2013).

Поступила в редакцию 29.10.2014 г.