

# ВЛИЯНИЕ МОДУЛИРОВАННОГО НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С РАЗЛИЧНОЙ ЧАСТОТОЙ НЕСУЩЕГО СИГНАЛА НА ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

*Н. В. Лопаткина, В. В. Баркин, Е. П. Лобкаева*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

В последние годы в связи с широким внедрением информационно-телекоммуникационных комплексов, в том числе цифровых систем связи возник новый, биологически значимый фактор окружающей среды – радиочастотное электромагнитное поле (ЭМП).

Основными элементами системы сотовой связи являются базовые станции (БС), которые поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами в УВЧ-диапазоне. В зависимости от стандарта (в том числе GSM), БС работают в диапазоне 463...1880 МГц. На рынке получил распространение диапазон 2400...2600 МГц, используемый, например, в технологии Spectrum Technology, предусматривающей плавающую несущую частоту [1, 2].

Целью настоящего исследования была оценка влияния модулированного низкоинтенсивного электромагнитного поля с различной частотой несущего сигнала на поведение животных.

## Материалы и методы исследования

Воздействие оказывали электромагнитным полем с частотой несущей 850, 920, 1000, 1700, 1850, 2450 МГц с импульсно-амплитудной модуляцией и средним значением плотности потока энергии (ППЭ)  $19,0 \text{ мкВт/см}^2$ . Также использовали немодулированное излучение с тем же набором частот и соответствующим уровнем ППЭ. Источником ЭМИ являлась экспериментальная радиотехническая система.

Исследования проводили на белых беспородных крысах-самцах, массой 200–220 граммов. Оценивали поведение животных в тесте «открытое поле» [3]. Статобработку результатов проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента и критериев Манна – Уитни и Уилкоксона [4]. Значимыми считали различия при уровне  $p \leq 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

Сразу после окончания воздействия немодулированного ЭМП в поведении животных были отмечены некоторые изменения (рис. 1).

У крыс, подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 850 МГц, наблюдали снижение исследовательской активности в 2 раза, о чем свидетельствовало уменьшение количества посещений центральных квадратов. У животных подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 1700 МГц наблюдали увеличение показателей исследовательской активности на 75 % и общей продолжительности реакции груминг на 52 %, а также увеличение количества уринации в 2,5 раза, встряхиваний в 2,8 раза ( $p \leq 0,05$ ), чиханий в 4,8 раза ( $p \leq 0,05$ ). После воздействия ЭМП частотой 1850 МГц у крыс наблюдали снижение исследовательской активности: увеличение латентного периода адаптации и латентного периода возвращения в центр на 64 и 36 %, соответственно. Происходило уменьшение количества локомоций и количества посещений центральных квадратов соответственно на 23 % и 38 %; отмечали увеличение количества уринаций на 50 %

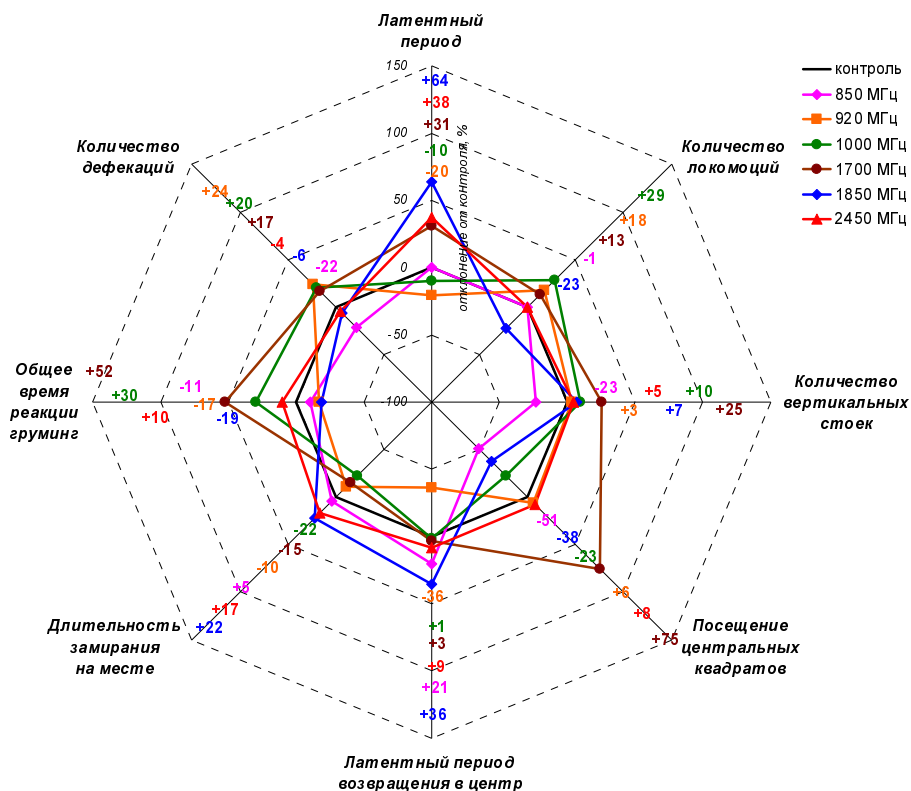


Рис. 1. Структура поведения крыс в тесте «открытом поле» сразу после окончания воздействия немодулированного ЭМП

и в 2 раза – количества встряхиваний и чиханий. Воздействие ЭМП частотой 2450 МГц вызвало увеличение количества уринаций в 2 раза и количества встряхиваний и чиханий в 2,1 и 2,8 раз, соответственно.

На 4-е сутки после воздействия ЭМП в структуре поведения отмечали более заметные отклонения от контроля (рис. 2), причем, у животных разных экспериментальных групп отмечали формирование характерного поведенческого стереотипа.

У животных, подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 920 МГц, наблюдали выраженные признаки перевозбуждения: показатели горизонтальной и вертикальной активности превышали контрольный уровень соответственно в 2,2 раза ( $p \leq 0,001$ ) и на 66 % ( $p \leq 0,05$ ), исследовательской активности – в 2,6 раза. Количество дефекаций и уринаций было ниже контрольного

уровня на 25 % и в 2 раза соответственно, а количество встряхиваний и чиханий – больше соответственно на 52 и 77 %.

На 4-е сутки после воздействия ЭМП частотой 1700, 1850 и 2450 МГц у животных отмечали наличие признаков угнетения: увеличенный латентный период адаптации (от 32 % до 2 раз), пониженный уровень (на 13...71 %) исследовательской активности. Количество уринаций превышало показатель в контроле в 2...5 раз. Количество дефекаций у животных, подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 1850 МГц, в 2 раза ( $p \leq 0,05$ ) превысило значение контрольного показателя, и на 65 % – после воздействия ЭМП частотой 2450 МГц.

Результаты исследования структуры поведения крыс, подвергавшихся воздействию модулированного ЭМП, представлены на рис. 3

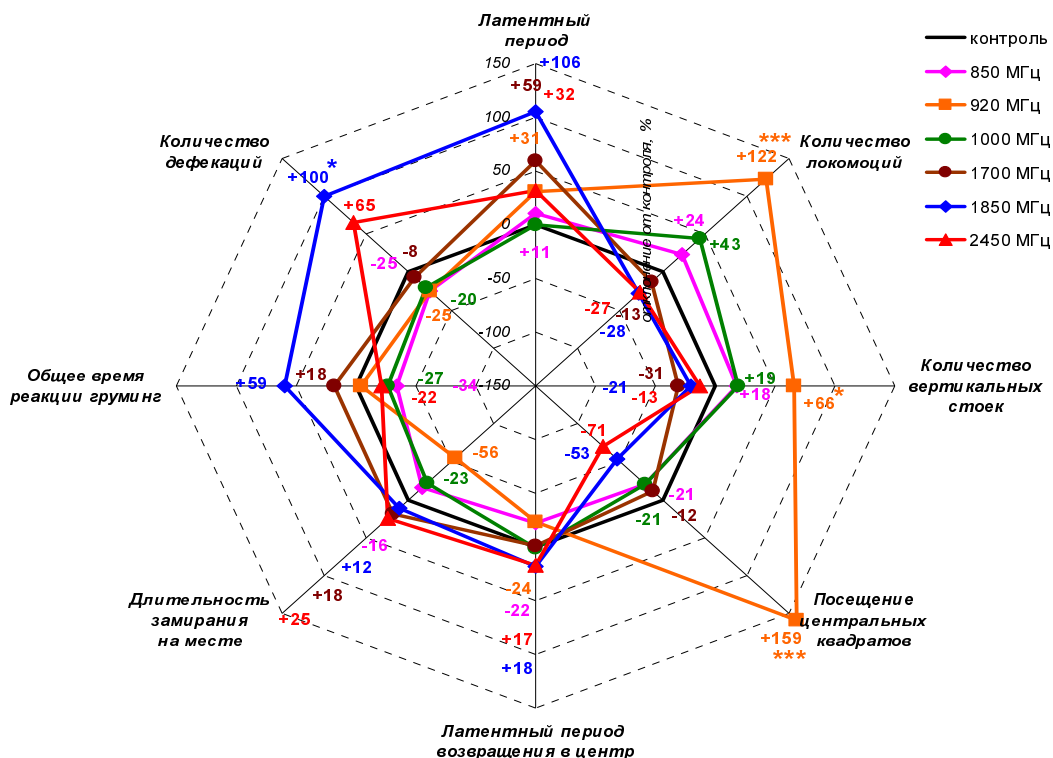


Рис. 2. Структура поведения крыс в тесте «открытом поле» на 4-е сутки после воздействия немодулированного ЭМП: \* и \*\*\* – достоверные отличия от контроля, соответственно  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$

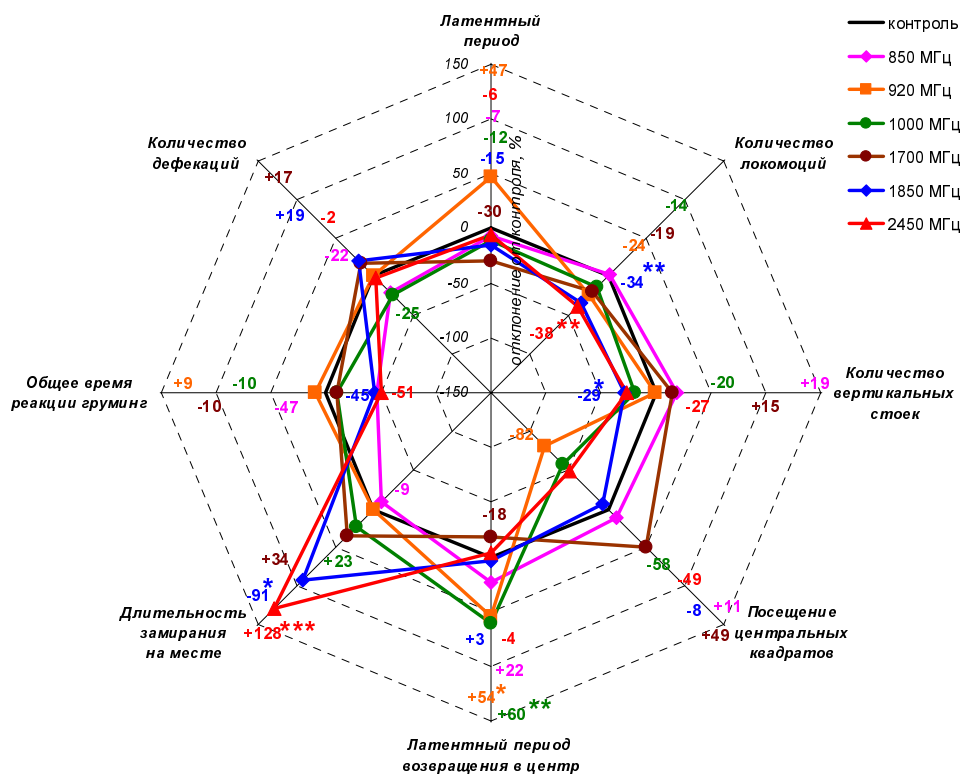


Рис. 3. Структура поведения крыс в тесте «открытом поле» сразу после окончания воздействия модулированного ЭМП: \*, \*\* и \*\*\* – достоверные отличия от контроля, соответственно  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ,  $p \leq 0,001$

После воздействия модулированного ЭМП с частотой несущего сигнала 920 МГц у крыс отмечали признаки угнетения. Зарегистрировали увеличение латентного периода адаптации на 47 % и уменьшение количества локомоций на 24 %. Латентный период возвращения в центр увеличился на 54 % ( $p \leq 0,05$ ), а число посещений центральных квадратов сократилось более, чем в 5 раз (однако, вследствие высокой дисперсией выборки статистически значимых отличий не наблюдали). Воздействие ЭМП частотой 1000 МГц приводило к формированию у животных состояния угнетения. Прежде всего это проявлялось в подавлении исследовательской деятельности, количество посещений центральных квадратов сократилось в 2,4 раза и в 2,5 раза латентный период возвращения в центр ( $p \leq 0,01$ ). У животных, подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 1850 и 2450 МГц, формирование признаков угнетения двигательной и исследовательской активности. Наблюдали уменьшение количества локомоций на 34 % ( $p \leq 0,05$ ) и 38 % ( $p \leq 0,01$ ) соответственно, вертикальных стоек на 27 % ( $p \leq 0,05$ ) и 29 %, сокращение количества посещений центральных квадратов до 2 раз. Кроме того, наблюдали снижение в 2 раза интенсивности груминговых процессов. Увеличение длительности замирание на месте после воздействия ЭМП частотой 1850 МГц составило 91 % ( $p \leq 0,05$ ), а после воздействия ЭМП частотой 2450 МГц – 2,3 раза ( $p \leq 0,001$ ). Наряду с этим отмечали сокращение числа уринаций в 2,3...3,4 раза, количества встряхиваний в 2,7 и 3,0 ( $p \leq 0,05$ ) раза. В 5,0 раз ( $p \leq 0,05$ ) сократилось количество чиханий после воздействия ЭМП частотой 1850 МГц. У животных, подвергавшихся воздействию ЭМП частотой 2450 МГц чихания отсутствовали (значимость отличий от контроля составила  $p \leq 0,01$ ).

Полученная после воздействия модулированного ЭМП с частотой несущего сигнала 920, 1850 и 2450 МГц картина соответствует классической картине психофизиологического стресса [3]. На 4-е сутки после

воздействия признаки угнетения сохранялись.

Модифицирующее действие ЭМП наблюдается при использовании всего набора частот, кроме 850 МГц.

### Заключение

Немодулированное ЭМП вызывает незначительные изменения в поведении животного, регистрируемые по большей части в диапазоне 1700...2450 МГц. На частоте 920 МГц были получены отсроченные эффекты, зафиксированные при исследовании поведения.

Воздействие модулированного ЭМП приводит к формированию устойчивых изменений в структуре поведения крыс: уменьшению двигательной активности, снижению исследовательской деятельности, повышению эмоциональной лабильности.

Модифицирующее влияние модуляции наиболее заметно проявляется при использовании несущего сигнала с частотой 920, 1850 и 2450 МГц.

Получены доказательства того, что низкоинтенсивное модулированное ЭМП радиоволнового диапазона характеризуются более высокой биотропностью и является потенциально неблагоприятным антропогенным фактором биосферы.

### Список литературы

1. Сподобаев Ю. М., Кубанов В. П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. С. 43–48.
2. Григорьев Ю. Г. Роль модуляции в биологическом действии ЭМИ // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36, № 5. С. 659–670.
3. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Дж. П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. М., 1991. С. 399.
4. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабиц П. Н. Статистические методы в медикобиологических исследованиях с использованием Excel. Киев, 200. С. 319.