

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

Зибарев Е.В., Афанасьев А.С., Слусарева О.В., Булавина И.Д.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ WI-FI ОБОРУДОВАНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург

В статье представлены результаты поисковых исследований по оценке влияния Wi-Fi-оборудования на развитие депрессивного состояния, поведенческие реакции и рабочую память лабораторных животных (самцов белых мышей). Исследования проводились в специально оборудованном полубезэховом экранированном помещении для исключения прямого или опосредованного влияния других источников. В качестве источника ЭМИ был использован маршрутизатор для беспроводного доступа к сети Интернет марки ZyXEL Keenetic Extra. Лабораторных животных основной группы (20 особей) размещали на расстоянии 0,5 м и 1 м от маршрутизатора, контрольная группа (20 особей) находилась в помещении без источника ЭМИ. Ежедневно каждое лабораторное животное выполняло тесты «открытое поле», «Т-образный лабиринт», «вынужденное плавание». На 25-е сутки исследования у животных основной группы наблюдалось развитие депрессивного состояния, после 36-дневного круглосуточного облучения отмечено снижение показателей горизонтальной и вертикальной двигательной активности.

Ключевые слова: животные; wi-fi-оборудование; тест «открытое поле»; тест «Т-образный лабиринт»; тест «вынужденное плавание».

**Для цитирования:** Зибарев Е.В., Афанасьев А.С., Слусарева О.В., Булавина И.Д. Поисковые исследования влияния Wi-Fi оборудования на организм лабораторных животных. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 661-664. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-7-661-664>

**Для корреспонденции:** Зибарев Евгений Владимирович, рук. отд. научного обеспечения санитарно-эпидемиологического надзора и экспертиз, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: [zibarevevgeny@gmail.com](mailto:zibarevevgeny@gmail.com)

Zibarev E.V., Afanasev A.S., Slusareva O.V., Bulavina I. D.

### EXPLORATORY STUDIES OF THE INFLUENCE OF WIRELESS EQUIPMENT ON THE BODY OF LABORATORY ANIMALS

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

The article presents results of exploratory research on the assessment of the impact of Wi-Fi equipment on the organism of laboratory animals. The study was executed in a specially equipped semi-anechoic chambers, to eliminate the influence of other sources, which can have a direct or indirect impact on animals. As a source of EMR there was used the router for wireless access to the Internet (brand: ZyXEL KeeneticExtra). Laboratory animals (20 white male mice), and control group (20 animals) were placed at a distance of 0.5 m and 1 m from the EMR source in a room without EMR source. Weekly every laboratory animal performed tests on the assessment of behavioral reactions, depression and working memory using the test «open field», «T-maze», «forced swimming». After 36-days round-the-clock exposure in animals there was a decrease in indices of horizontal and vertical locomotor activity, the development of the depressive state on the 25<sup>th</sup> day of the study.

Key words: animals; wi-fi equipment; the test «open field»; the test «T-maze»; the test «forced swimming».

**For citation:** Zibarev E.V., Afanasev A.S., Slusareva O.V., Bulavina I. D. Exploratory studies of the influence of wireless equipment on the body of laboratory animals. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(7): 661-664. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-7-661-664>

**For correspondence:** Evgeny V. Zibarev, MD, PhD, head of the department of scientific securing of sanitary and epidemiological supervision and examinations of state of science of the North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: [zibarevevgeny@gmail.com](mailto:zibarevevgeny@gmail.com)

#### Information about authors:

Zibarev E.V.: <http://orcid.org/0000-0002-5983-3547>; Afanas'ev A.S.: <http://orcid.org/0000-0002-2259-8918>;Slusareva O.V.: <http://orcid.org/0000-0002-5283-0984>; Bulavina I.D.: <http://orcid.org/0000-0002-0516-7390>.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: 15.03.17

Accepted: 05.07.17

## Введение

На современном этапе развития новых технологий все более значимыми становятся источники электромагнитных излучений (ЭМИ) малых интенсивностей (например, Wi-Fi оборудование), влияние которых на процессы жизнедеятельности биологических объектов изучено пока недостаточно. Наличие большого количества таких источников продиктовано развитием современных технологий передачи значительных объемов информации посредством беспроводной связи [1].

Wi-Fi оборудование, внедряемое на бытовом уровне или используемое в местах массового пребывания людей, как правило, характеризуется незначительной интенсивностью ЭМИ, но при

его длительном функционировании могут создаваться условия круглосуточной экспозиции. Эффекты воздействия не всегда проявляются остро, однако есть предпосылки к их кумуляции и, как следствие, к развитию отдаленных нарушений, приводящих к хроническим расстройствам психофункционального характера [2].

Критический анализ зарубежной литературы показал, что проведено множество научных работ, в которых описано негативное влияние Wi-Fi оборудования на животных и человека.

Имеются данные иммуногистопатологического исследования, свидетельствующие о вредном воздействии радиочастотных волн, излучаемых обычными Wi-Fi устройствами, на яички растущих крыс [3]. В некоторых исследованиях показаны умень-

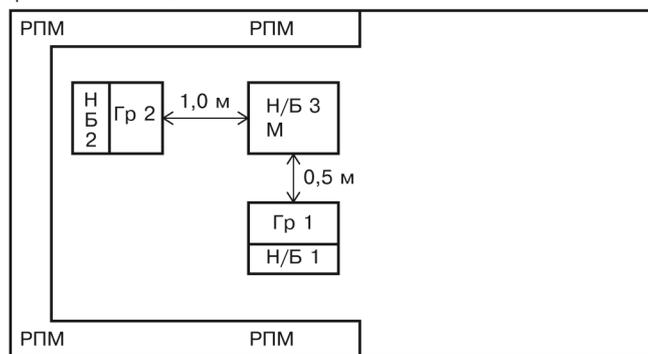


Рис. 1. Схема проведения эксперимента.

РПМ – радиопоглощающий материал; М – маршрутизатор; Гр. 1 и Гр. 2 – группы животных № 1 и № 2; Н/Б 1, Н/Б 2 и Н/Б 3 – ноутбуки 1, 2 и 3.

шение подвижности сперматозоидов человека и увеличение фрагментации ДНК спермы, нарушение фертильности и развитие бесплодия при использовании портативных компьютеров, подключенных к Интернету через Wi-Fi [4, 5].

Результаты исследований по оценке влияния модуляции беспроводных сетей (2,45 ГГц) указывают на индуцирование окислительной токсичности в гортанно-трахеальной слизи крыс. Описано влияние селена и L-карнитина на показатели ЭМИ-индуцированного окислительного стресса в крови крыс [6, 7].

ЭМИ с частотой от 2,4 ГГц от беспроводной сети и работающих телефонов влияет на вегетативную нервную систему, вызывая изменение сердечного ритма [8, 9].

Изучено влияние электромагнитного поля Wi-Fi оборудования на изменение ритмов головного мозга на ЭЭГ в зависимости от пола. В исследовании принимали участие 50 женщин и 50 мужчин, которые выполняли тесты, направленные на оценку краткосрочной памяти. На всех испытуемых воздействовало ЭМИ с частотой 2,4 ГГц. При этом у женщин, в отличие от мужчин, отмечалось снижение силы альфа- и бета-ритма. Различия между мужчинами и женщинами были достоверны [10].

Подобные исследования проведены с целью оценки влияния Wi-Fi-сигналов на концентрацию внимания и рабочую память в лингвистическом тесте в группе из 15 мужчин и 15 женщин. В исследовании отмечено, что воздействие Wi-Fi может приводить к изменению нейронной активности и зависит от пола. Это связано с количеством внутренних резервов на поддержание сосредоточенного внимания в ходе лингвистического теста [11].

Задачей научно-исследовательской работы являлось определение возможного воздействия ЭМИ Wi-Fi оборудования на поведенческие реакции и рабочую память экспериментальных животных.

## Материал и методы

В качестве объектов исследования использовались экспериментальные животные – беспородные белые мыши, самцы из питомника «Рапполово». Животные содержались в поликарбонатных клетках с закрывающимися пластиковыми крышками группами по 5 особей.

Перед началом эксперимента животные находились на карантине на протяжении двух недель. В качестве питания использовался стандартный сбалансированный по питательным веществам гранулированный корм производства ООО «МЭСТ»,

Таблица 1

### Уровни электромагнитного излучения от Wi-Fi-оборудования

Группа	Плотность потока энергии, мкВт/см <sup>2</sup>	ЭП, В/м	МП, мТл
№ 1 (0,5 м от источника)	0,66–0,78	< 0,05	< 0,01
№ 2 (1 м от источника)	< 0,26	< 0,05	< 0,01
Контрольная	< 0,26	< 0,05	< 0,01

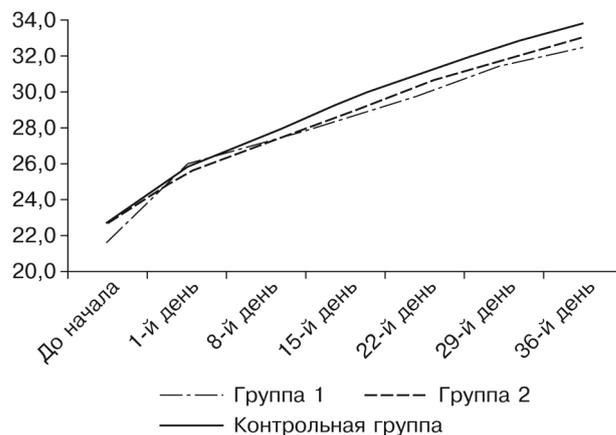


Рис. 2. Динамика прироста массы тела.

приготовленный по ГОСТ Р 50258–92, в соответствии с нормами, утвержденными приказом МЗ СССР № 755 от 12.08.1977. Животные получали чистую питьевую воду без ограничений через вмонтированные в клетки поилки. В период карантина за ними проводилось ежедневное наблюдение.

Основными критериями включения лабораторных животных в исследование являлись отсутствие двигательных и поведенческих нарушений, прирост массы тела, постоянный прием пищи и воды в течение двухнедельного карантина.

После карантина все животные были включены в эксперимент и разделены на экспонируемые (№ 1 и № 2) и контрольную (№ 3) группы по 20 особей в каждой. Экспонируемые группы были переведены в экранированное помещение, представлявшее собой цельносварную конструкцию с максимальным электромагнитным затуханием в соответствии с ГОСТ Р 50414–92. Половина помещения была покрыта радиопоглощающим материалом «ТОРА-39» пирамидального типа с коэффициентом отражения не более –30 дБ в диапазоне частот от 300 МГц до 37,5 ГГц. Клетки с экспонируемыми животными установили в непосредственной близости от Wi-Fi оборудования: 1-ю группу (10 особей) разместили на расстоянии 0,5 м от него; 2-ю группу (10 особей) – на расстоянии 1 м. Контрольную группу (20 особей) разместили в смежном помещении – операторской с идентичными условиями содержания, но не имевшем Wi-Fi оборудования.

До момента включения Wi-Fi оборудования в экранированном помещении и помещении для содержания контрольной группы провели измерения уровней ЭМИ. Все параметры ЭМИ были ниже уровня чувствительности прибора и, соответственно, ниже ПДУ.

В качестве основного оборудования (источника ЭМИ) использовали маршрутизатор ZyXEL Keenetic Extra со следующими техническими характеристиками: процессор – MT7620A с частотой 600 МГц; оперативная память – 128 Мбайт, стандарт DDR2; flash-память – 16 Мбайт; частота Wi-Fi – 2,4 ГГц и 5

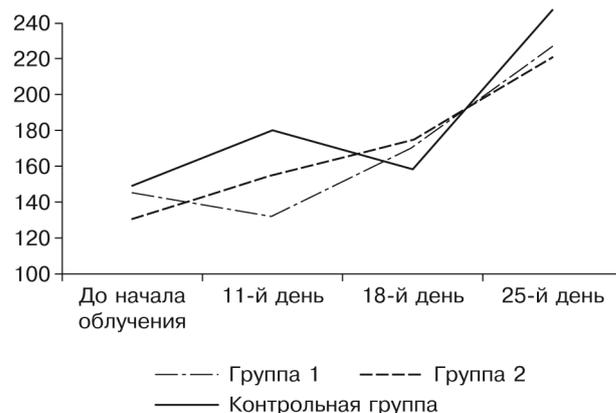


Рис. 3. Результаты теста «Вынужденное плавание».

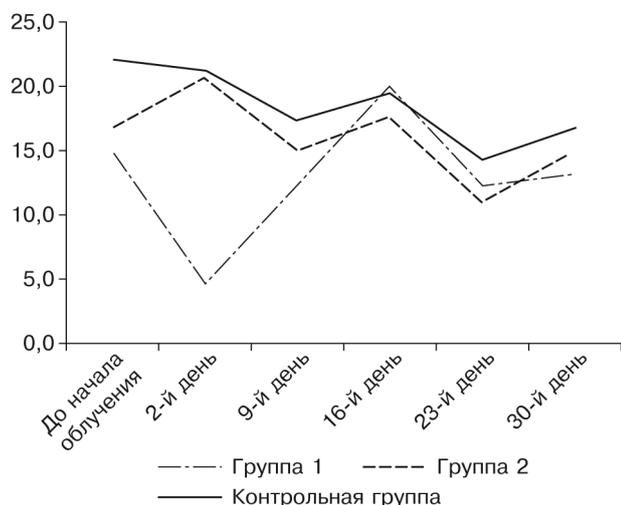


Рис. 4. Динамика показателя «горизонтальная двигательная активность в периферийных секторах».

ГГц; класс Wi-Fi – N600; мощность передатчика – 20 дБм (100 мВт); коэффициент усиления антенн – 3 дБи; порты Ethernet 5 · 1 Гбит/с; двухдиапазонная (2,4 ГГц и 5 ГГц) точка доступа Wi-Fi 802.11n 300 + 300 Мбит/с. Вспомогательное оборудование составляли два ноутбука для приема информации и один ноутбук в качестве источника информации.

На рис. 1 приведена схема проведения эксперимента.

Облучение групп животных проводили на протяжении 36 сут круглосуточно. Работа маршрутизатора осуществлялась круглосуточно путем установки программного обеспечения, позволявшего передавать информацию к ноутбукам 1 и 2. Загрузка сети была постоянно обеспечена на 96–98%.

В течение 36 дней эксперимента все животные содержались в контролируемых условиях окружающей среды: температура воздуха в помещениях содержания облучаемых и контрольной групп была в диапазоне 18–24 °С; относительная влажность воздуха – 30–70%. Ежедневно в экранируемой камере и операторской в зоне размещения клеток проводили измерения плотности потока энергии.

Для оценки влияния Wi-Fi оборудования, животным ежедневно проводили тесты «открытое поле», «Т-образный лабиринт», «вынужденное плавание» (не более одного теста в сутки).

Тест «открытое поле» применялся для исследования поведенческих реакций животных и длился в течение 2 мин. В ходе эксперимента оценивали несколько форм поведения: горизонтальную двигательную активность (ГДА), вертикальную двигательную активность (ВДА), груминг, обследование отвер-

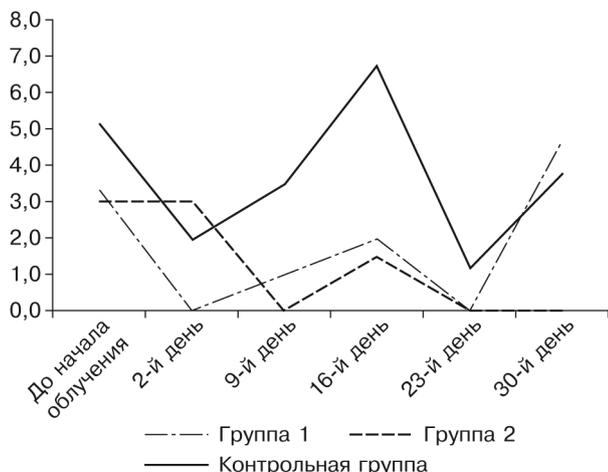


Рис. 5. Динамика показателя «вертикальная двигательная активность с упором».

#### Число правильных входов в тесте «Т-образный лабиринт»

Группа	До начала облучения	День 3	День 10	День 17	День 24
№ 1 (0,5 м от источника)	1	1	2	4	2
№ 2 (1 м от источника)	3	1	4	4	3
Контрольная	3	5	3	6	3

стей, уровни дефекации и урикации. Во время проведения теста «открытое поле» вели наблюдение за отклонениями в моторной сфере – шаткостью походки, тремором.

Тест «Т-образный лабиринт» был направлен на исследование рабочей памяти животных и также составлял 2 минуты.

В тесте «вынужденное плавание» оценивали степень отчаяния животного в условиях, когда его помещали в цилиндр, на 2/3 заполненный водой. Показателем, характеризовавшим депрессивное состояние, являлось время неподвижного положения животного (время иммобилизации).

#### Результаты

Контроль уровней ЭМИ от Wi-Fi оборудования осуществлялся ежедневно. По результатам измерений значения плотности потока энергии в экранируемой камере в зоне размещения животных группы № 1 составили 0,66–0,78 мкВт/см<sup>2</sup>, в зоне размещения животных группы № 2 – менее 0,26 мкВт/см<sup>2</sup>.

Уровни ЭМИ (плотность потока энергии) в помещении содержания контрольной группы и непосредственно в зоне размещения животных постоянно были менее 0,26 мкВт/см<sup>2</sup>. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Одним из интегральных показателей наличия или отсутствия общетоксического действия на организм животных является прирост массы тела. Исследование показателя в экспонируемых группах № 1 и № 2 и в контрольной группе показало, что у животных, находящихся под воздействием ЭМИ от Wi-Fi оборудования, прирост массы тела является более медленным, чем в контрольной группе: группа № 1 – 10,8 ± 2,2 г; группа № 2 – 10,4 ± 2,4 г; контрольная группа – 11,2 ± 2,3 г (рис. 2). Однако после статистической обработки данных установлены недостоверные различия в изменении массы тела ( $p > 0,05$ ; критерий Манна–Уитни).

Результаты теста «вынужденное плавание» (рис. 3) выявили достоверные изменения в поведении животных, характеризующие развитие депрессивного состояния, к 25-му дню исследования во всех группах ( $p < 0,05$ ; критерий Манна–Уитни). В группе № 1 время вынужденного плавания увеличилось в 1,56 раза, в группе № 2 – в 1,70 раза, в контрольной группе – в 1,55 раза, составив соответственно 227 ± 70,2; 221 ± 76,8; 203 ± 75,2 секунды при выполнении теста в течение 6 минут. При сравнении времени вынужденного плавания между группами статистически значимых различий не обнаружено ( $p > 0,05$ ; критерий Манна–Уитни).

При выполнении теста «открытое поле» статистически значимые различия ( $p = 0,047$ ; критерий Манна–Уитни) выявлены при сравнении ВДА с упором в объединенной группе № 1 и № 2 и в контрольной группе (в объединенной опытной группе данный показатель равен нулю). Кроме того, определены статистически значимые различия между объединенной группой № 1 и № 2 и контрольной группой по критерию «ГДА 2/3» ( $p = 0,047$ ; критерий Уилкоксона) между 1-м и 30-м днями экспозиции. Сравнение остальных показателей (по группам и внутри групп) достоверных различий не дало ( $p > 0,05$ ).

Результаты теста «открытое поле» при оценке ГДА в периферийных секторах и при оценке ВДА с упором у животных в группе № 1, группе № 2 и в контрольной группе приведены на рисунках 4 и 5 соответственно.

Результаты выполнения теста «Т-образный лабиринт» у животных в экспонируемых группах и в контрольной группе приведены в табл. 2.

Оценка результатов теста «Лабиринт» проводилась с помощью критерия Мак-Немара, выявлены статистически значимые различия внутри второй группы на 3-й день экспозиции ( $p = 0,046$ ). Межгрупповое сравнение проводилось с помощью точного критерия Фишера, статистически значимых различий не выявлено ( $p > 0,05$ ).

## Выводы

1. При воздействии ЭМИ Wi-Fi оборудования у опытных животных отмечается снижение показателей горизонтальной и вертикальной двигательной активности по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует о возникновении стресса у животных (различия достоверны).

2. Депрессивное состояние у животных, подвергшихся воздействию ЭМИ Wi-Fi оборудования, развивается на 25-е сутки эксперимента (различия с исходными показателями достоверны, различия между группами недостоверны).

3. У животных, подверженных воздействию ЭМИ Wi-Fi оборудования, отмечаются незначительное замедление прироста массы тела и снижение функции рабочей памяти (различия недостоверны).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п. 3–11 см. References)

1. Вихрова С.П., Самойлова В.О. *Биофизика для инженеров*. М.; 2008.
2. Буракова Е.Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности. *Российский химический журнал*. 1999; 43(5): 3–11.

## References

1. Vikhrova S.P., Samoylova V.O. *Biophysics for Engineers [Biofizika dlya inzhenerov]*. Moscow; 2008. (in Russian)

2. Burlakova E.B. Features of the action of ultra-low doses of biologically active and physical factors. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*. 1999; 43(5): 3–11. (in Russian)
3. Atasoy H.I., Gunal M.Y., Atasoy P., Elgun S., Bugdayci G. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. *J. Pediatr. Urol.* 2013; 9(2): 223–9.
4. Avendaño C., Mata A., Sanchez Sarmiento C.A., Doncel G.F. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. *Fertil. Steril.* 2012; 97(1): 39–45.
5. Avendaño C., Mata A., Juarez Villanueva A.M., Martinez V.S., Sanchez Sarmiento C.A. Laptop exposures affect motility and induce DNA fragmentation in human spermatozoa in vitro by a non-thermal effect: a preliminary report. In: *American Society for Reproductive Medicine 66th Annual Meeting: O-249*. Denver; 2010.
6. Aynali G., Naziroglu M., Celik O., Dogan M., Yariktaş M., Yasan H. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2013; 270(5): 1695–700.
7. Gumral N., Naziroglu M., Koyu A., Ongel K., Celik O., Saygin M., et al. Effects of selenium and L-carnitine on oxidative stress in blood of rat induced by 2.45-GHz radiation from wireless devices. *Biol. Trace Elem. Res.* 2009; 132(1-3): 153–63.
8. Havas M., Marrongelle J., Pollner B., Kelley E., Rees C., Tully L., et al. Provocation study using heart rate variability shows microwave radiation from 2.4GHz cordless phone affects autonomic nervous system. *Eur. J. Oncol. Library.* 2010; 5: 273–300.
9. Havas M., Marrongelle J. Replication of heart rate variability provocation study with 2.45GHz cordless phone confirms original findings. *Electromagn. Biol. Med.* 2013; 32(2): 253–266.
10. Maganioti A.E., Papageorgiou C.C., Hountala C.D., Kyprianou M.A., Rabavilas A.D., Papadimitriou G.N., et al. Wi-Fi electromagnetic fields exert gender related alterations on EEG. In: *6th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic fields*. Bodrum; 2010.
11. Papageorgiou C.C., Hountala C.D., Maganioti A.E., Kyprianou M.A., Rabavilas A.D., Papadimitriou G.N., et al. Effects of Wi-Fi signals on the p300 component of event-related potentials during an auditory hayling task. *J. Integr. Neurosci.* 2011; 10(2): 189–202.

Поступила 15.03.17  
Принята к печати 05.07.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

Афанасьев А.С., Зибарев Е.В., Каляда Т.В.

## ВЛИЯНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА КОГНИТИВНЫЕ РЕАКЦИИ БЕЛЫХ МЫШЕЙ

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург

*Проведены исследования по оценке влияния широкополосных импульсных электромагнитных излучений (ЭМИ) на ЦНС белых мышей при помощи тестов «Открытое поле», «Т-образный лабиринт», «Вынужденное плавание». Экспериментальные исследования выполнялись в экранированной полубезэховой камере с дистанционным управлением работой имитатора широкополосных импульсных ЭМИ. Доказано влияние данных излучений на когнитивную функцию. Выявлено, что при воздействии широкополосных импульсных ЭМИ на три группы животных (экспозиции 15, 30, 60 минут) только в группе с экспозицией 15 минут отсутствуют изменения в поведенческих реакциях. В остальных двух группах обнаружены статистически значимые изменения в показателях горизонтальной и вертикальной двигательной активности. Результаты работы подтверждают возможность возникновения разобщения между процессами торможения и возбуждения в коре головного мозга при воздействии ЭМИ низких интенсивностей (нетермальных) на биологические объекты.*

**Ключевые слова:** широкополосные импульсные электромагнитные излучения; когнитивные реакции.

**Для цитирования:** Афанасьев А.С., Зибарев Е.В., Каляда Т.В. Влияние широкополосных электромагнитных импульсов на когнитивные реакции белых мышей. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 664–666. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-7-664-666>

**Для корреспонденции:** Афанасьев Андрей Сергеевич, лаб.-иссл. отдела научного обеспечения санитарно-эпидемиологического надзора и экспертиз ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: Afanasyev\_as@inbox.ru

Afanasev A.S., Zibarev E.V., Kalyada T.V.

THE IMPACT OF BROADBAND ELECTROMAGNETIC PULSES ON THE COGNITIVE REACTIONS OF WHITE MICE

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

*There were executed studies to assess the impact of broadband pulsed electromagnetic radiation on the central nervous system of white mice in test “open field”, “T-maze”, “Forced swimming”. The results of the study proved the influence of pulsed electromagnetic radiation on cognitive function. Experimental studies were performed in a*