

a prospective cohort of occupational computer users // Scand. J Work Environ Health. — 2005 Oct. — 31(5). — P. 375–86.

3. Lapointe J (1), Dionne CE, Brisson C, Montreuil S. Interaction between postural risk factors and job strain on self-reported musculoskeletal symptoms among users of video display units: a three-year prospective study // Scand J Work Environ Health. — 2009 Mar. — 35(2). — P. 134–44. Epub 2009 Mar 23..

4. Masayuki Tatemichi, Tadashi Nakano, Katsutoshi Tanaka, Takeshi Hayashi et al. Possible association between heavy computer users and glaucomatous visual field abnormalities: a cross sectional study in Japanese workers // J Epidemiol Community Health. — 2004. — Vol. 58. — P. 1021–1027.

5. Nicholas RA (1), Feuerstein M, Suchday S. Workstyle and upper-extremity symptoms: a biobehavioral perspective // J Occup Environ Med. — 2005 Apr. — 47(4). — P. 352–61.

6. Perceived exertion, comfort and working technique in professional computer users and associations with the incidence of neck and upper extremity symptoms. BMC Musculoskeletal Disorders 2012 13:38.

7. Skulberg K.R., Skyberg K., Soduard W. et al. Effect of electric field reduction in visual display units on skin symphonies // Stand. J. Work Environ Health. — 2001. — Vol. 27. — N2. — P. 140–145.

Поступила 15.03.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Плеханов Владимир Павлович (Plekhanov V.P.),
науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здо-
ровья». E-mail: wplekhanov@bk.ru.

УДК 613.167

Зибарев Е.В., Слюсарева О.В., Афанасьев А.С.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ИЗЛУЧАЕМЫХ WI-FI-ОБОРУДОВАНИЕМ

ФБУН «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 4, 2-я Советская ул., Санкт-Петербург, РФ, 191036

Представлены результаты хронического эксперимента по оценке влияния электромагнитных полей (ЭМП) от wi-fi-оборудования на поведенческие реакции лабораторных животных. Исследования проводились в специально оборудованном полубезэховом экранированном помещении для исключения прямого или опосредованного влияния других факторов среды обитания. Животные были разделены на 3 группы: первая и вторая подвергалась воздействию электромагнитных полей от wi-fi-оборудования; третья (контрольная группа) не подвергалась данному воздействию. Животные содержались в контролируемых условиях окружающей среды: температура воздуха, относительная влажность воздуха, световой режим, питание. В качестве источника электромагнитных полей использовался бытовой маршрутизатор для беспроводного доступа к сети Интернет с постоянной загрузкой 96–98%. Ежедневно каждое лабораторное животное выполняло тесты «открытое поле», «Т-образный лабиринт», «вынужденное плавание» [1]. В процессе эксперимента наблюдалось изменение поведенческих реакций с развитием депрессивного состояния.

Ключевые слова: wi-fi-оборудование, тест «открытое поле», тест «т-образный лабиринт», тест «вынужденное плавание»

Для цитирования: Зибарев Е.В., Слюсарева О.В., Афанасьев А.С. Изменение поведенческих реакций у животных при воздействии электромагнитных полей, излучаемых wi-fi-оборудованием. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 5:61–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-61-64>

Zibarev E.V., Slusareva O.V., Afanas'ev A.S.

THE CHANGES OF BEHAVIORAL REACTIONS IN ANIMALS WHEN EXPOSED TO EMFS EMITTED BY WI-FI EQUIPMENT

North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya str., St. Petersburg, Russian Federation, 191036

The article covers results of chronic experiment on evaluating influence of wi-fi equipment electromagnetic fields on behavioral reactions of laboratory animals. The studies were conducted in specially designed half-echo-free shielded room, to exclude direct or indirect influence of other environmental factors. The animals were divided into 3 groups: first and second were exposed to electromagnetic fields of wi-fi equipment; third (reference) group did not experience

this exposure. The animals were kept in controlled environmental conditions: air temperature, relative humidity, light, nutrition. Source of electromagnetic field was household router for wireless internet access with continuous load 96–98%. Every laboratory animal weekly performed tests «open field», «T-shaped maze», «forced swimming». Observations during the experiment were changes of behavioral reactions with depressive state development.

Key words: *wi-fi equipment, «open field» test, «T-shaped maze» test, «forced swimming» test.*

For quotation: Zibarev E.V., Slusareva O.V., Afanas'ev A.S. The changes of behavioral reactions in animals when exposed to EMFs emitted by wi-fi equipment. *Med. truda i prom. ekol.* 2018. 5:61–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-61-64>

Цель исследования — оценка возможного неблагоприятного влияния wi-fi-оборудования, осуществляющего беспроводной доступ к сети интернет, на биологические объекты при длительном воздействии.

Материалы и методики. В качестве источника электромагнитных полей радиочастотного диапазона применялось wi-fi-оборудование (маршрутизатор) ZyXEL Keenetic Extra со следующими техническими характеристиками: процессор — MT7620A 600 МГц, оперативная память — 128 Мбайт DDR2, flash-память — 16 Мбайт, Wi-Fi 2,4 + 5 ГГц, класс Wi-Fi N600, мощность передатчика — 20 дБм (100 мВт), коэффициент усиления антенн — 3 дБи, порты Ethernet 5x1 Гбит/с, двухдиапазонная (2,4 и 5 ГГц) точка доступа Wi-Fi 802.11n 300+300 Мбит/с.

Объектами исследования являлись 40 самцов беспородных белых мышей. Животные содержались в поликарбонатных клетках, в отдельном помещении, группами по 5 особей.

Животные были разделены на 3 группы: первая и вторая — подвергались воздействию ЭМП от wi-fi-оборудования; третья (контрольная группа) не подвергалась данному воздействию. Испытуемые группы были помещены в экранированное помещение в непосредственной близости от wi-fi-оборудования: группу 1 (10 особей) разместили на расстоянии 0,5 м от wi-fi-оборудования; группу 2 (10 особей) — на расстоянии 1 м. Контрольную группу 3 (20 особей) разместили в помещении с идентичными условиями содержания, на них не воздействовало ЭМП от wi-fi-оборудования.

Облучение животных из группы 1 и 2 проводилось на протяжении 144 суток, круглосуточно. Постоянная работа wi-fi-оборудования обеспечивалась за счет установки программного обеспечения. Загрузка сети была постоянно обеспечена на 96–98%.

Для оценки условий содержания животных применялись гигиенические методы исследований — измерение уровней микроклимата, плотности потока энер-

гии, электрического и магнитного поля. Все животные содержались в контролируемых условиях окружающей среды: температура воздуха в помещениях содержания облучаемых и контрольной групп находилась в диапазонах в 18–24 °С, относительная влажность воздуха — 30–70%, производилось чередование уровня освещенности 12/12 часов, животные были обеспечены полноценным питанием, чистой водой, производилась регулярная уборка клеток.

Для проведения исследований поведенческих реакций, эмоционального и функционального состояния животных использовались тесты «открытое поле», «Т-образный лабиринт», «вынужденное плавание» [2, 3].

Для статистической обработки полученных данных применялась программа IBM SPSS Statistics v. 22.

Результаты исследования и их обсуждение. В местах размещения животных ежедневно проводился контроль уровней ЭМП. По результатам измерений значения плотности потока энергии в экранируемой камере в зоне размещения животных группы 1 составили 0,66–0,78 мкВт/см², в зоне размещения животных из группы 2 — менее 0,26 мкВт/см². В зоне размещения животных контрольной группы уровни электромагнитных полей составляли менее 0,26 мкВт/см² (табл.).

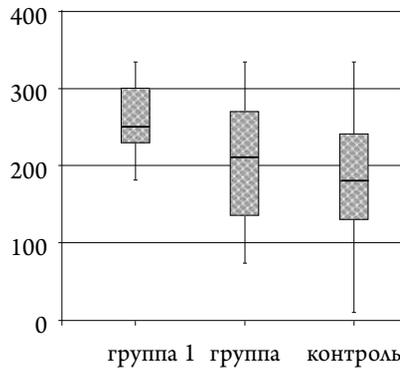
В ходе эксперимента для оценки общетоксического действия на животных определялось значение прироста массы тела. В группе 1, находящейся под воздействием ЭМП от wi-fi-оборудования, отмечается замедленный прирост массы тела по сравнению с контрольной группой: группа 1 — 9,8±1,9 г, группа 2 — 10,6±2,4 г, группа 3 — 10,2±3,7 г. При этом в группе 2 наблюдаются большие значения прироста массы тела. Однако, после статистической обработки данных установлены статистически незначимые отличия в изменении массы тела ($p > 0,05$, критерий Манна-Уитни).

Таблица

Результаты измерений уровней электромагнитных полей

Группа	Плотность потока энергии, мкВт/см ² , на расстоянии 0,5 м (N= 488)	Плотность потока энергии, мкВт/см ² , на расстоянии 1,0 м (N=488)	Электрическое поле 50 Гц, В/м (N=210)	Магнитное поле 50 Гц, мТл (N=210)
1	0,66–0,78	–	<0,05	<0,01
2	–	0,26–0,38	<0,05	<0,01
3 (контрольная)	<0,26	<0,26	<0,05	<0,01

Продолжительность пассивного плавания (с) на 84 день



Продолжительность пассивного плавания (с) на 144 день

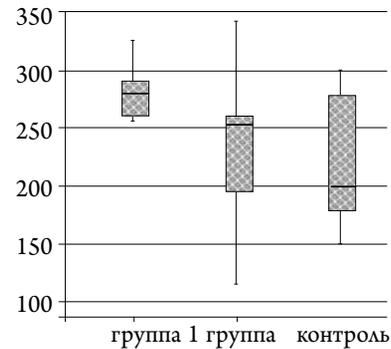


Рис. 1. Результаты теста «пассивное плавание» на 84 и 144 дни

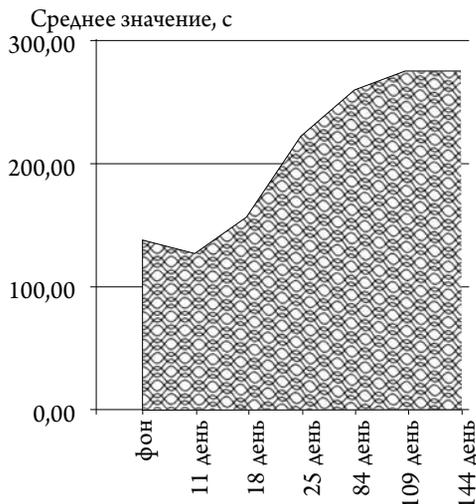


Рис. 2. Динамика изменения времени пассивного плавания в группе 1

Тест «пассивное плавание» применялся как прогностический тест вероятности развития депрессивного состояния у животного в ответ на изолированное воздействие электромагнитного излучения. Результаты теста, называемого также «тестом отчаяния», выявили достоверные изменения в поведении животных в форме развития депрессивного состояния к 25-му дню исследования во всех группах животных ($p < 0,05$, критерий Манна-Уитни). В группе 1 отмечается увеличение времени пассивного плавания в 1,9 раза, в группе 2 — увеличение в 1,9 раза, в группе 3 — увеличение в 1,6 раза, что составило соответственно $276 \pm 34,0$ с, $243 \pm 65,5$ с, $218 \pm 80,6$ с при выполнении теста в течение 6 минут.

С увеличением времени экспозиции время пассивного плавания (при сравнении группы 1 и контрольной группы) статистически значимо увеличивается с 84-го дня исследования и сохраняется до 144-го дня (рис. 1), данные достоверны ($p = 0,004$ и $0,015$, Т-критерий для независимых выборок). Следует отметить, что данный тренд наблюдается и при сравнении объединенной опытной группы и контрольной группы. В этом случае время пассивного плавания в этих группах статистически различается (повышает-

ся) также с 84-го дня ($p = 0,033$, Т-критерий для независимых выборок).

Динамика изменения времени пассивного плавания в группе 1 показывает явный рост времени пассивного плавания (рис. 2). При сравнении группы 2 и контрольной группы наблюдается также увеличение пассивного плавания, однако результаты недостоверны.

Таким образом, у животных, находящихся под круглосуточным воздействием ЭМП, при выполнении теста «пассивное плавание» наблюдается стойкое развитие депрессивных расстройств по сравнению с контрольной группой. Грызуны с депрессивными расстройствами быстрее прекращают попытки выбраться из цилиндра с водой и демонстрируют поведение отчаяния, пассивно плавая в нем.

Тест «Открытое поле» проводился для изучения поведения грызунов в новых (стрессогенных) условиях и позволил оценить выраженность и динамику отдельных поведенческих элементов, уровень эмоционально-поведенческой реактивности животного («седацию-ажитацию»), стратегию исследовательского/оборонительного поведения, привыкание, запоминание обстановочных стимулов, симптомы неврологического дефицита, локомоторную стереотипию.

В тесте «Открытое поле» регистрировались горизонтальная и вертикальная двигательная активность, груминг, обследование отверстий, уринация, дефекация, а также отклонения в моторной сфере, такие как шаткость походки, тремор.

По результатам выполнения тестов «открытое поле» в группах 1 и 2 наблюдается снижение частоты контролируемых показателей по сравнению с контрольной группой. Снижение частоты контролируемых показателей наблюдается также в группе 1 по сравнению с группой 2. Наибольший интерес представляют показатели горизонтальной двигательной активности по периферийным и срединным секторам, вертикальной двигательной активности с упором, показатели уринации, количеству обследованных отверстий.

В ходе эксперимента выявлено несколько статистически значимых различий при оценке результатов тестов «открытое поле»:

— между группами 1 и 2 по показателям горизонтальной двигательной активности по периферии (82 и 107 день, $p=0,010$ и $0,037$, критерий Манна-Уитни), а также по показателю «уринация» (142 день, $p=0,011$, критерий Манна-Уитни);

— между группами 1 и 3 по показателям горизонтальной двигательной активности по периферийным секторам (82, 107 и 142 день, $p=0,001$, $0,017$ и $0,046$ соответственно, критерий Манна-Уитни), горизонтальной двигательной активности по срединным секторам (142 день, $p=0,005$, критерий Манна-Уитни), по вертикальной двигательной активности с упором (82 день, $p=0,004$, критерий Манна-Уитни), а также по показателю «уринация» (142 день, $p=0,008$, критерий Манна-Уитни);

— между объединенной опытной и контрольной группой по показателям горизонтальной двигательной активности по периферийным секторам (82 и 142 день, $p=0,011$ и $0,026$, критерий Манна-Уитни), горизонтальной двигательной активности по срединным секторам (142 день, $p=0,005$, критерий Манна-Уитни), вертикальной двигательной активности в срединной части с упором (82 и 107 день, $p=0,003$ и $0,048$), а также по показателю «обследование отверстий» (107 день, $p=0,037$, критерий Манна-Уитни).

Оценка результатов тестов «Т-образный лабиринт» не показала статистически значимых отличий как внутри групп, так и при межгрупповом сравнении.

Таким образом, при оценке результатов тестов «открытое поле» и «вынужденное плавание» следует отметить, что у животных наблюдается устойчивое развитие стресса по сравнению с контрольной группой. С наибольшей степенью вероятности это может быть связано с воздействием ЭМП от wi-fi-оборудования.

Выводы:

1. Оценка воздействия ЭМП от wi-fi-оборудования показывает наличие двигательных и поведенческих изменений в 144-дневном эксперименте на лабораторных животных.

2. При воздействии wi-fi-оборудования у экспериментальных животных отмечается снижение показателей горизонтальной и вертикальной двигательной активности как между группами 1 и 2, так и по сравнению с

контрольной группой, что свидетельствует о возникновении стресса у животных.

3. Депрессивное состояние у животных, подвергшихся воздействию ЭМП от wi-fi-оборудования, начинает развиваться с 25 суток эксперимента, а с 84 суток приобретает устойчивый характер.

4. У животных группы 1, расположенных в 0,5 м от источника и подверженных воздействию электромагнитных полей от wi-fi-оборудования, отмечается незначительное замедление прироста массы тела и снижение функции рабочей памяти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 3)

1. Зибарев Е.В., Афанасьев А.С., Слюсарева О.В. Исследования влияния WI-FI оборудования на организм лабораторных животных // Гиг. и санит. — 2017. — №7. — С. 661–664.

2. Ковалева М.А., Макарова М.Н., Макаров В.Г., Горячева М.А. Применение теста «принудительное плавание» при проведении доклинических исследований // Междунар. вестн. ветеринарии. — 2015. — №4. — С. 90–95.

REFERENCES

1. Zibarev E.V., Afanasev A.S., Slyusareva O.V. Studies of wi-fi equipment influence on laboratory animals // Gig. i sanit. — 2017. — 7. — P. 661–664 (in Russian).

2. Kovaleva M.A., Makarova M.N., Makarov V.G., Goryacheva M.A. Use of «forced swimming» test in preclinical studies // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. — 2015. — 4. — P. 90–95 (in Russian).

3. Porsolt R.D., Pichon M.Le., Jalfre M. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatment // Nature. — 1977, v. 266. — 730–732.

Поступила 28.03.2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зибарев Евгений Владимирович (Zibarev E.V.),
рук. отд. научн. обеспечения санит.-эпидемиолог. надзора
и экспертиз ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здо-
ровья», канд. мед. наук. E-mail: zibarevevgeny@gmail.com.

Слюсарева Оксана Валерьевна (Slusareva O.V.),
мл. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного
здоровья». E-mail: oksana_slusareva@mail.ru.

Афанасьев Андрей Сергеевич (Afanasyev A.S.),
лаборант-исследователь ФБУН «СЗНЦ гигиены и обще-
ственного здоровья». E-mail: afanasyev_as@inbox.ru.