

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ОРГАНИЗМА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО РАДИОЧАСТОТНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

С.Ю. ПЕРОВ, О.В. БЕЛАЯ, Е.В. БОГАЧЕВА

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт
медицины труда», Проспект Будённого, д. 31, Москва, Россия, 105275, perov1980@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований по изучению возможного неблагоприятного влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне частот стандарта DECT на нервную и репродуктивную системы организма экспериментальных животных. Оценивали показатели функционального состояния центральной нервной системы, функциональные и морфологические параметры состояния репродуктивной системы, общего состояния организма самцов крыс при воздействии непрерывного ЭМП частотой 1890 МГц с ППЭ 500 и 250 мкВт/см², при различной продолжительности сеанса облучения и общей длительности воздействия. Воздействие ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² приводило к наибольшему количеству достоверных изменений оцениваемых параметров: снижение массы тела, угнетение ориентировочно-исследовательской активности, уменьшение массы селезенки и семенников, а также снижение осмотической резистентности сперматозоидов. При ППЭ 250 мкВт/см² вместе с менее выраженным снижением осмотической резистентности сперматозоидов отмечалось уменьшение массы надпочечников и повышение массового коэффициента семенников. Полученные результаты свидетельствуют о возможном неблагоприятном влиянии непрерывного ЭМП частотой 1890 МГц заданных интенсивностных и временных режимов воздействия на функциональное состояние репродуктивной системы самцов крыс, в частности на осмотическую резистентность эпидидимальных сперматозоидов, и указывают на наличие интенсивностно – временной зависимости биологических эффектов ЭМП РЧ, свидетельствующих о кумулятивном действии фактора.

Ключевые слова: электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, стандарт DECT, биологическое действие, поведенческие показатели, репродуктивная система.

THE STUDY OF THE FUNCTIONAL STATE OF INDIVIDUAL SYSTEMS OF THE BODY DURING
EXPOSURE TO LOW-INTENSITY RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS

S.Yu. PEROV, O.V. BELAYA, E.V. BOGACHEVA

Research Institute of Occupational Health, Budennov av., 31, Moscow, Russia, 105275, perov1980@mail.ru

Abstract. The article presents the experimental study results of possible adverse effects of low-level electromagnetic fields (EMF) in the frequency range of the DECT standard on the nervous and reproductive systems in experimental animals. The authors evaluated the functional state of central nervous system and the functional and morphological parameters of reproductive system, as well as health of male rats during exposure to continuous EMF at frequency 1890 MHz depending on power density (500 and 250 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) and exposure time. The most of significant changes during EMF power density 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ exposure were follows: (weight loss, depression orienting-exploratory activity, reduction of spleen and testes weights, as well as reduction of epididymal sperm osmotic resistance. The effects EMF exposure (power density was 250 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) – reduction of sperm osmotic resistance and the adrenal weight and decrease the testes mass ratio. The results show the possibility of adverse effects of continuous EMF at frequency 1890 MHz and set exposure parameters on male rat reproductive system functional state, in particular on epididymal sperm osmotic resistance, and indicate at RF EMF biological effects dependence on exposure intensity and time that demonstrate the cumulative effect of factor.

Key words: electromagnetic field, radiofrequency, DECT, biological effect, animal behavior, reproductive system.

Развитие средств связи в настоящее время привело к расширению спектра носимых устройств беспроводной связи, являющихся источниками *электромагнитных полей радиочастотного диапазона* (ЭМП РЧ). Одним из подобных средств персональной связи, которые широко используются, как на производстве, так и в быту, являются радиотелефоны, работающие по стандарту DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunication*) в диапазоне частот 1880-1900 МГц. Их основное отличие от мобильных телефонов, работающих в близких частотных диапазонах стандартов сотовой связи GSM 1800, CDMA-2000

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Белая О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

и *UMTS*, заключается в типе модуляции и меньшей выходной мощности. Несмотря на имеющиеся многочисленные данные о биологических эффектах ЭМП РЧ и о потенциальном канцерогенном риске применения мобильных средств связи, вопрос о возможном неблагоприятном влиянии низкоинтенсивных ЭМП РЧ, создаваемых персональными средствами связи, остается изучен недостаточно. Большинство исследований сосредотачивают свое внимание на изучении неблагоприятного влияния ЭМП, создаваемых устройствами сотовой связи, рассматривая преимущественно состояние сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной и иммунной систем. Тем не менее, согласно сложившейся практике изучения возможного влияния факторов, расцениваемых как неблагоприятные, не может ограничиваться только этими системами. Одним из неотъемлемых аспектов является исключение неблагоприятного влияния на репродуктивную систему организма, как определяющую влияния излучения на последующие поколения, вместе с реакциями нервной системы, которые позволяют регистрировать острые биологические эффекты ЭМП РЧ на состояние текущего поколения.

В ряде экспериментальных работ, посвященных изучению этого вопроса отмечается как наличие [3,6,7,13,14], так и отсутствие [10,11] функциональных, морфологических и молекулярных изменений со стороны нервной и репродуктивной систем животных при различных режимах воздействия ЭМП с уровнями ППЭ в несколько раз меньших величины 500 мкВт/см², установленной как порог вредного действия ЭМП стандартов сотовой связи [1,5]. Также имеются единичные исследования биологического действия ЭМП РЧ стандарта DECT [4,9,12], свидетельствующие о потенциально неблагоприятном влиянии излучения на нервную и репродуктивную системы, которые вместе с противоречивыми данными о характере влияния низкоинтенсивных ЭМП стандартов связи на живые системы указывают на необходимость дальнейших исследований биологических эффектов реакций ключевых систем, определяющих состояние здоровья организма и последующих поколений, в зависимости от интенсивностно-временных характеристик ЭМП РЧ радиотелефонов стандарта DECT.

Цель исследования – экспериментальное изучение влияния на состояние ЦНС, функциональные и морфологические показатели состояния репродуктивной системы, а также общего состояния организма лабораторных животных (крыс-самцов) непрерывного ЭМП частотой 1890 МГц в зависимости от интенсивностно-временных параметров воздействия.

Материалы и методы исследования. Исходя из поставленной цели работы, были проведены две серии исследований по изучению влияния ЭМП в условиях подострого воздействия на самцов лабораторных беспородных белых крыс (всего 120 особей). После предварительного отбора по массе тела (350 и 200 г в первой и во второй сериях, соответственно) животные были распределены на группы по 12 крыс в каждой где каждой экспериментальной группе соответствовала контрольная группа (мнимое воздействие).

Облучение животных непрерывным ЭМП частотой 1890 МГц проводилось с использованием секторной антенны 739196 (*KATHREIN WERKE KG*, Германия), аналогового генератора сигналов N5181A *MXG* (*Agilent Technologies*, США) и усилителя *ZHL-42W (Mini-Circuits*, США). Облучение животных осуществлялось в условиях ограниченного движения в индивидуальных радиопрозрачных контейнерах с отверстиями для нормального проветривания.

Предварительный выбор области размещения подопытных животных с необходимыми уровнями ЭМП РЧ и контроль параметров экспозиции проводился с помощью системы автоматизированной дозиметрии *DASY 52 NEO («SPEAG AG»*, Швейцария) и широкополосного измерителя электромагнитных полей *NARDA NBM-550 (Narda Safety Test Solutions*, США).

В первой серии исследования были использованы 4 группы животных: 2 – истинное воздействие и 2 – контроль (мнимое воздействие). Крыс подвергали воздействию ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² по 3 часа в день, 5 дней в неделю в течение месяца (всего 20 сеансов облучения). Расчетный уровень *энергетической экспозиции* (ЭЭ) составил 1500 (мкВт/см²)·ч).

Во второй серии исследования были использованы 6 групп животных: 3 – истинное воздействие и 3 – контроль (мнимое воздействие). Крыс подвергали воздействию ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² по 2 часа в день, 5 дней в неделю в течение месяца (всего 20 сеансов облучения). Расчетный уровень ЭЭ составил 500 (мкВт/см²)·ч).

Оценка состояния ЦНС животных по параметрам ориентировочно-исследовательской активности крыс проводилась с помощью модифицированного метода открытой площадки («норкового» рефлекса) с расчетом интегрального показателя «энтропии» после 1, 5, 10 и 20 сеансов облучения и 2-х недель периода последействия (во 2-й серии).

Общее состояние организма оценивали по динамике массы тела и весовым показателям селезенки и надпочечников; состояние репродуктивной системы оценивали по количеству эпидидимальных сперматозоидов, их осмотической резистентности по методике [2] и весовым показателям семенников. Для извлечения исследуемых органов проводилась декапитация животных после 10 и 20 сеансов облучения и периода последействия.

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Беляя О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

Эксперименты на животных осуществлялись в соответствии с требованиями приказа Минздрава СССР №755 от 12.08.1977 г. «Правила проведения работ с использованием лабораторных животных» и Хельсинкской декларации (2000 г.).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием прикладных программных пакетов *Excel 2003 (Microsoft, США)* и *STATISTICA 7.0 (StatSoft, США)*. Для проверки достоверности отличий групп животных применялся непараметрический критерий Манна-Уитни, а различия принимались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Результаты оценки динамики массы тела животных, селезенки и надпочечников, представленные в табл.1, свидетельствуют о том, что воздействие ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² приводило к достоверному снижению ($p < 0,05$) массы тела опытных животных только после 20 сеансов облучения (на 7% относительно контрольной). Воздействию ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² не оказывало значительного влияния на массу тела животных во все сроки исследования.

Таблица 1

Масса тела и отдельных органов животных

Параметр Группа Сроки	Масса тела, г		Масса селезенки, г		Масса надпочечников, мг	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
ППЭ 500 мкВт/см ²						
10 сеансов	366,25±9,60	339,58±7,16	0,94±0,04	0,72±0,03**	41,67±3,22	42,50±3,05
20 сеансов	377,27±12,07	349,00±3,93*	0,86±0,05	0,84±0,04	47,27±3,59	47,27±3,59
ППЭ 250 мкВт/см ²						
10 сеансов	240,00±6,60	227,73 ± 4,28	0,79±0,04	0,81±0,04	39,17±1,93	36,67±2,25
20 сеансов	274,17±7,41	257,08 ± 5,52	0,89±0,06	0,82±0,03	42,50±3,29	39,17±2,29
2 нед. после	296,82±8,10	274,17 ± 8,14	0,74±0,04	0,67±0,04	41,82±1,82	35,00±1,95*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Облучение ЭМП как с ППЭ 500 мкВт/см², так и с ППЭ 250 мкВт/см² вызывало тенденцию к снижению массы селезенки, однако достоверное снижение ($p < 0,01$) отмечено только после 10 сеансов облучения ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см², когда масса селезенки у опытных крыс составила 77% относительно контрольных.

По массе надпочечников опытные и контрольные группы не отличались друг от друга во все сроки исследования, за исключением того, что через 2 недели после прекращения воздействия ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² масса надпочечников опытных крыс была достоверно снижена ($p < 0,05$) на 16% относительно контрольных.

Воздействие ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² после 5 и 10 сеансов оказывало угнетающее действие на ориентировочно-исследовательскую активность опытных крыс (на 37 и 35% относительно контрольных, $p < 0,01$). Как видно из рис.1, после 20 сеансов воздействия значения энтропии значимо не отличались от контроля и были близки к таковым после 1 сеанса облучения. А при воздействии ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² статистически значимых различий по показателю энтропии не отмечалось.

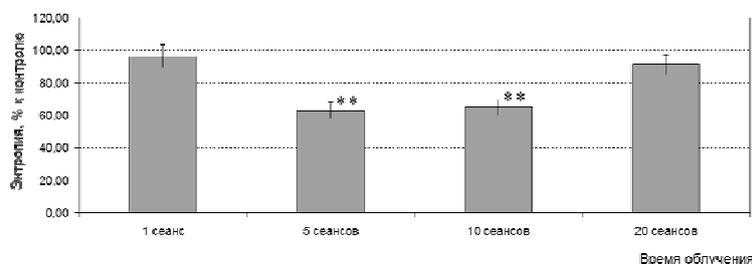


Рис. 1. Динамика показателя энтропии опытных крыс относительно контрольных при облучении ЭМП ППЭ 500 мкВт/см², ** $p < 0,01$.

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Белая О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

По данным исследования весовых показателей семенников крыс, представленных в табл. 2, 10 сеансов облучения ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² приводило к достоверному снижению ($p<0,01$) массы семенников опытных крыс на 21% относительно контрольных, а 20 сеансов ППЭ 250 мкВт/см² – к достоверному повышению ($p<0,01$) коэффициента массы семенников опытных крыс на 14% относительно контрольных.

Таблица 2

Масса и массовые коэффициенты семенников животных

Параметр Группа Сроки	Масса семенников, г		Коэффициент массы семенников, %	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
ППЭ 500 мкВт/см ²				
10 сеансов	3,14±0,13	2,49±0,17**	0,86±0,02	0,73±0,05
20 сеансов	2,73±0,17	2,44±0,09	0,72±0,04	0,71±0,02
ППЭ 250 мкВт/см ²				
10 сеансов	2,64±0,09	2,39±0,14	1,10±0,02	1,03±0,05
20 сеансов	2,64±0,12	2,79±0,07	0,96±0,03	1,09±0,04**
2 нед. после	2,83±0,11	2,66±0,08	0,96±0,03	0,97±0,04
**достоверно при $p<0,01$.				

По динамике осмотической резистентности сперматозоидов (рис. 2) как после 10, так и после 20 сеансов облучения ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² наблюдалось достоверное снижение ($p<0,01$) показателя в опытной группе на 16% относительно контрольной. Воздействие ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² также приводило к значимому снижению ($p<0,05$) осмотической резистентности в опытной группе на 5 и 7% после 20 сеансов облучения и 2-х недельного периода последствия соответственно.

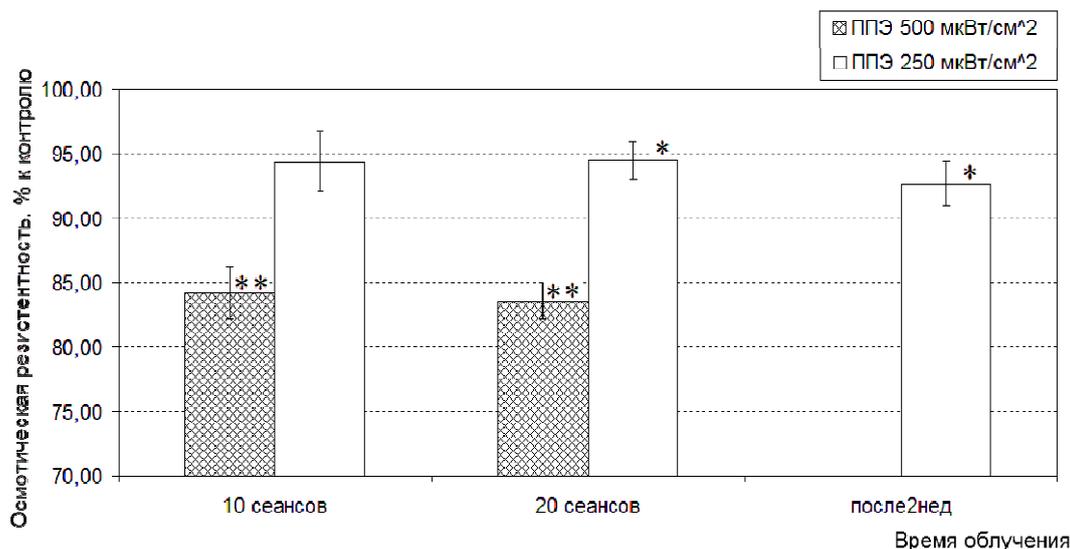


Рис. 2. Динамика осмотической резистентности сперматозоидов опытных крыс относительно контрольных, * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$

У крыс опытной группы в обеих сериях экспериментов отмечалась тенденция к снижению количества сперматозоидов, причем через 2 недели после прекращения воздействия ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см² наблюдалось достоверное снижение эпидидимальных сперматозоидов в опытной группе (на 24% относительно контрольной, $p<0,05$).

Таким образом, воздействие ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² приводило к наибольшему количеству достоверных изменений оцениваемых параметров: снижение массы тела, угнетение ориентировочно-исследовательской активности, уменьшение массы селезенки и семенников, а также снижение осмотиче-

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Белая О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

ской резистентности сперматозоидов. При ППЭ 250 мкВт/см² вместе с менее выраженным снижением осмотической резистентности сперматозоидов отмечалось уменьшение массы надпочечников и повышение массового коэффициента семенников.

Результаты оценки ориентировочно-исследовательской активности животных показали, что воздействие ЭМП с ЭЭ 1500 (мкВт/см²)·ч после 5 и 10 сеансов облучения вызывало выраженное преходящее изменение соотношения нервных процессов в ЦНС за счет усиления торможения или ослабления возбуждения, которое не сохранялось после 20 сеансов. Отсутствие значимых изменений ориентировочно-исследовательской активности крыс при ЭЭ 500 (мкВт/см²)·ч позволяет предполагать о том, что заданные интенсивностно-временные параметры воздействия лежат ниже порога чувствительности оцениваемых показателей состояния ЦНС. В ряде работ отмечено, что более продолжительное воздействие ЭМП РЧ меньшей интенсивности, по сравнению с заданными в настоящей работе, вызывало достоверные изменения более чувствительных показателей нервной системы, что подтверждает наличие кумулятивных эффектов действия фактора. Например, при воздействии ЭМП частотой 1800 МГц с ЭЭ 344 (мкВт/см²)·ч при интенсивности 172 мкВт/см² после 30 сеансов облучения наблюдалось достоверное снижение показателей пространственной памяти и обучения крыс при повышении параметров оксидативного стресса в тканях головного мозга [13], а при одночасовых сеансах облучения в течение 4-х месяцев ЭМП при интенсивности 20 мкВт/см² отмечались выраженные изменения уровня моноаминных нейромедиаторов в гиппокампе и гипоталамусе мозга, которые могут лежать в основе многих неблагоприятных эффектов ЭМП, таких как стресс и нарушения памяти и обучения [6].

Данные проведенной оценки функционального состояния репродуктивной системы крыс при воздействии ЭМП 1890 МГц показали значимое стойкое снижение осмотической резистентности сперматозоидов как при ЭЭ 1500 (мкВт/см²)·ч, так и при ЭЭ 500 (мкВт/см²)·ч, что указывает на высокую чувствительность этого параметра к ЭМП заданных интенсивностно-временных характеристик. Причем, при 500 (мкВт/см²)·ч снижение осмотической резистентности было менее выражено, чем при 1500 (мкВт/см²)·ч, и достигало порога статистической значимости только к 20 сеансу воздействия и сохранялось в период последствия, тогда как при 1500 (мкВт/см²)·ч снижение статистически значимо уже после 10 сеанса. Это подтверждается результатами исследователей других авторов, указывающих на негативные изменения других показателей репродуктивной системы животных при воздействии ЭМП меньшей интенсивности. Так, облучение ЭМП частотой 1800 МГц более 30 сеансов при интенсивности 205 мкВт/см² и ЭЭ 410 (мкВт/см²)·ч приводило к снижению уровня тестостерона, числа и подвижности сперматозоидов и нарушало циркадные ритмы у самцов крыс [14], а при интенсивности 208 мкВт/см² и ЭЭ 416 (мкВт/см²)·ч - к уменьшению числа сперматозоидов и уровня тестостерона при увеличении уровня эстрадиола и нарушению циркадной ритмики у самцов мышей [8].

Выводы:

1. Результаты исследований свидетельствуют о возможном неблагоприятном влиянии непрерывного ЭМП частотой 1890 МГц заданных интенсивностно-временных параметров воздействия на функциональное состояние репродуктивной системы самцов крыс, в частности на осмотическую резистентность эпидидимальных сперматозоидов.
2. Наблюдаемое угнетающее действие ЭМП с ППЭ 500 мкВт/см² на состояние ЦНС крыс по показателям ориентировочно-исследовательской активности носило временный характер и не наблюдалось после 20 сеансов воздействия.
3. Полученные результаты указывают на наличие интенсивностно - временной зависимости биологических эффектов ЭМП РЧ, свидетельствующих о кумулятивном действии факторов.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении исследований зав. лабораторией профилактики нарушения репродуктивного здоровья работников ФГБНУ "НИИ МТ" д.м.н. Фесенко Марине Александровне и млад. научн. сотруднику Вуйцику Петру Александровичу.

Литература

1. Куротченко С.П., Субботина Т.И., Яшин М.А., Яшин А.А. Изменение репродуктивной функции при высокочастотном электромагнитном облучении (эксперименты на животных) // В кн.: Физика и технические приложения волновых процессов: Тез. докл. и сообщ. II Межд. научно-техн. конф. / Под ред. В.А.Неганова и Г.П.Ярового (Самара, 7-13/IX 2003). Самара: Изд-во «Самарский университет», 2003. С. 392.
2. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия) / под ред. И.В. Саноцкого. М.: Медицина, 1970. 344 с.

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Белая О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

3. Москвин С.В., Соколовская Л.В., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А., Яшин М.А. Патогенные воздействия неионизирующих излучений на организм человека: Монография / Под ред. А.А. Хадарцева и А.А. Яшина. Москва – Тверь – Тула: ООО «Издательство «Триада», 2007. 160 с.
4. Мухин С.И., Новиков А.С., Терешкина О.В., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Воздействие КВЧ-облучения на репродуктивную функцию млекопитающих. Москва-Тула-Тверь: Триада, 2007. 138 с.
5. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б., Походзей Л.В., Лазаренко Н.В., Кleshchenok O.I., Петрова Л.П., Лошилов Ю.А., Стерликов А.В., Ромнов В.А., Гавриш Н.Н. Вопросы биологического действия и гигиенического нормирования электромагнитных полей, создаваемых средствами мобильной связи // Медицина труда и промышленная экология. 2002. №9. С. 10–18.
6. Aboul Ezz H.S., Khadrawy Y.A., Ahmed N.A., Radwan N.M., El Bakry M.M. The effect of pulsed electromagnetic radiation from mobile phone on the levels of monoamine neurotransmitters in four different areas of rat brain // Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013. Vol.17, N. 13. P. 1782–1788.
7. Al-Damegh M.A. Rat testicular impairment induced by electromagnetic radiation from a conventional cellular telephone and the protective effects of the antioxidants vitamins C and E // Clinics (Sao Paulo). 2012. Vol. 67, N. 7. P. 785–792.
8. Chen L., Qin F., Chen Y., Sun J., Tong J. Chronotoxicity of 1800 MHz microwave radiation on sex hormones and spermatogenesis in male mice // Wei. Sheng. Yan. Jiu. 2014. Vol. 43, N. 1. P. 110–115.
9. Fragopoulou A.F., Samara A., Antonelou M.H., Xanthopoulou A., Papadopoulou A., Vougas K., Koutsogiannopoulou E., Anastasiadou E., Stravopodis D.J., Tsangaris G.T., Margaritis L.H. Brain proteome response following whole body exposure of mice to mobile phone or wireless DECT base radiation // Electromagn. Biol. Med. 2012. Vol. 31, N. 4. P. 250–274.
10. Imai N., Kawabe M., Hikage T., Nojima T., Takahashi S., Shirai T. Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones. // Syst. Biol. Reprod. Med. 2011. Vol. 57, N.4. P. 204–209.
11. Junior L.C., Guimaraes Eda S., Musso C.M., Stabler C.T., Garcia R.M., Mourao-Junior C.A., Andreazzi A.E. Behavior and memory evaluation of Wistar rats exposed to 1.8 GHz radiofrequency electromagnetic radiation // Neurol. Res. 2014. Vol. 36, Iss.9. P. 800–803.
12. Manta A.K., Stravopodis D.J., Papassideri I.S., Margaritis L.H. Reactive oxygen species elevation and recovery in Drosophila bodies and ovaries following short-term and long-term exposure to DECT base EMF // Electromagn. Biol. Med. 2014. Vol. 33, N. 2. P. 118–131.
13. Megha K, Deshmukh P.S., Banerjee B.D., Tripathi A.K., Abegaonkar M.P. Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment and inflammation in brain of Fischer rats // Indian J Exp Biol. 2012. Vol. 50, N. 12. P. 889–896.
14. Qin F., Zhang J., Cao H., Guo W., Chen L., Shen O., Sun J., Yi C., Li J., Wang J., Tong J. Circadian alterations of reproductive functional markers in male rats exposed to 1800 MHz radiofrequency field // Chronobiol. Int. 2014. Vol. 31, N. 1. P. 123–133.

References

1. Kurotchenko SP, Subbotina TI, Yashin MA, Yashin AA. Izmenenie reproduktivnoy funktsii pri vysokochastotnom elektromagnitnom obluchenii (eksperimenty na zhivotnykh). V kn.: Fizika i tekhnicheskie prilozheniya volnovykh protsessov: Tez. dokl. i soobshch. II Mezhd. nauchno-tekhn. konf. Pod red. V.A.Neganova i G.P.Yarovogo (Samara, 7-13/IX 2003). Samara: Izd-vo «Samarskiy universitet»; 2003. Russian.
2. Metody opredeleniya toksichnosti i opasnosti khimicheskikh veshchestv (toksikometriya). pod red. I.V. Sanotskogo. Msocow: Meditsina; 1970. Russian.
3. Moskvin SV, Sokolovskaya LV, Subbotina TI, Khadartsev AA, Yashin AA, Yashin MA. Patogennye vozdeystviya neioniziruyushchikh izlucheniya na organizm cheloveka: Monografiya. Pod red. A.A. Khadartseva i A.A. Yashina. Moskva – Tver' – Tula: OOO «Izdatel'stvo «Triada»; 2007. Russian.
4. Mukhin SI, Novikov AS, Tereshkina OV, Khadartsev AA, Yashin AA. Vozdeystvie KVCh-oblucheniya na reproduktivnyuyu funktsiyu mlekopitayushchikh. Moskva-Tula-Tver': Triada; 2007. Russian.
5. Suvorov GA, Pal'tsev YuP, Rubtsova NB, Pokhodzey LV, Lazarenko NV, Kleshchenok OI, Petrova LP, Loshchilov YuA, Sterlikov AV, Romnov VA, Gavriush NN. Voprosy biologicheskogo deystviya i gigenicheskogo normirovaniya elektromagnitnykh poley, sozdavaemykh sredstvami mobil'noy svyazi. Medi-tsina truda i promyshlennaya ekologiya. 2002;9:10-8. Russian.
6. Aboul Ezz HS, Khadrawy YA, Ahmed NA, Radwan NM, El Bakry MM. The effect of pulsed electromagnetic radiation from mobile phone on the levels of monoamine neurotransmitters in four different areas of rat brain. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013;17(13):1782-8.
7. Al-Damegh MA. Rat testicular impairment induced by electromagnetic radiation from a conventional cellular telephone and the protective effects of the antioxidants vitamins C and E. Clinics (Sao Paulo). 2012;67(7):785-92.

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Беляя О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069

8. Chen L, Qin F, Chen Y, Sun J, Tong J. Chronotoxicity of 1800 MHz microwave radiation on sex hormones and spermatogenesis in male mice. *Wei. Sheng. Yan. Jiu.* 2014;43(1):110-5.
9. Fragopoulou AF, Samara A, Antonelou MH, Xanthopoulou A, Papadopoulou A, Vougas K, Koutsoyiannopoulou E, Anastasiadou E, Stravopodis DJ, Tsangaris GT, Margaritis LH. Brain proteome response following whole body exposure of mice to mobile phone or wireless DECT base radiation. *Electromagn. Biol. Med.* 2012;31(4):250-74.
10. Imai N, Kawabe M, Hikage T, Nojima T, Takahashi S, Shirai T. Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones. *Syst. Biol. Reprod. Med.* 2011;57(4):204-9.
11. Junior LC, Guimaraes Eda S, Musso CM, Stabler CT, Garcia RM, Mourao-Junior CA, Andreazzi AE. Behavior and memory evaluation of Wistar rats exposed to 1.8 GHz radiofrequency electromagnetic radiation. *Neurol. Res.* 2014;36(9):800-3.
12. Manta AK, Stravopodis DJ, Papassideri IS, Margaritis LH. Reactive oxygen species elevation and recovery in *Drosophila* bodies and ovaries following short-term and long-term exposure to DECT base EMF. *Biol. Med.* 2014;33(2):118-31.
13. Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Abegaonkar MP. Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment and inflammation in brain of Fischer rats. *Indian J Exp Biol.* 2012;50(12):889-96.
14. Qin F, Zhang J, Cao H, Guo W, Chen L, Shen O, Sun J, Yi C, Li J, Wang J, Tong J. Circadian alterations of reproductive functional markers in male rats exposed to 1800 MHz radiofrequency field. *Chronobiol. Int.* 2014;31(1):123-33.

Библиографическая ссылка:

Перов С.Ю., Белая О.В., Богачева Е.В. Исследование функционального состояния отдельных систем организма при воздействии низкоинтенсивного радиочастотного электромагнитного поля // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 2-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5112.pdf> (дата обращения: 1.09.2015). DOI: 10.12737/13069