DOI: 10.21870/0131-3878-2021-30-4-61-68

УДК 599.323.4:612.014.426:591.3

Влияние хронического электромагнитного облучения на эмбриогенез и раннее постнатальное развитие потомства облучённых животных

Панфилова В.В., Колганова О.И., Чибисова О.Ф.

МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Обнинск

Исследовали влияние электромагнитного излучения диапазона частот мобильной связи при хроническом воздействии на репродуктивную функцию крыс, антенатальное и постнатальное развитие потомства облучённых самцов и самок крыс Вистар. Условия облучения: несущая частота 1800 МГц (немодулированное излучение), плотность потока энергии 85 мкВт/см², зона сформированной волны (расстояние от источника излучения 1,3 м). Облучению в безэховой камере в решётчатых контейнерах подвергались самцы (15 особей) и самки (32 особи) по 1 ч в день, 5 дней в неделю в течение 4 недель. Через 2 недели после последнего сеанса облучения животных спарили из расчёта 1 самец на две самки. Затем беременных самок крыс облучали с 5 по 17 день беременности при тех же параметрах воздействия. Животные контрольной группы (15 самцов и 30 самок) подвергались тем же манипуляциям, но при выключенном источнике излучения. На 20-й день беременности часть самок (13 опытных и 12 контрольных самок) подвергли эвтаназии для изучения эмбриогенеза. Для оценки эмбриогенеза исследованы: овуляторная активность яичников, предимплантационная и постимплантационная внутриутробная гибель зародышей, среднее число живых плодов, их кранио-каудальные размеры и масса тела. Разницы между подопытной и контрольной группами по показателям эмбриогенеза не зафиксировано. Из оставшихся 10 опытных и 14 контрольных беременных самок были сформированы группы для оценки постнатального развития потомства первого поколения. Не было выявлено различий в раннем постнатальном онтогенезе потомства облучённых и контрольных животных. Таким образом, хроническое немодулированное электромагнитное излучение частотой 1800 МГц не оказало существенного влияния на течение беременности самок и раннее постнатальное развитие их потомства первого поколения.

Ключевые слова: *мобильная сотовая связь, электромагнитное излучение, низкая интенсивность, безэховая камера, крысы Вистар, самцы, самки, потомство первого поколения, эмбриогенез, постнатальное развитие.*

В современном мире электромагнитное загрязнение окружающей среды является неотъемлемой частью жизни человека [1-3]. Происходит постоянное воздействие природного электромагнитного поля (космофизические факторы) и электромагнитного излучения (ЭМИ) техногенного происхождения на живой организм. В настоящее время очень активно внедряется в жизнь человека мобильная связь, при использовании которой люди подвергаются ежедневному облучению. Это техногенное воздействие не контролируется и, возможно, имеет накопительный характер [4, 5]. Ограничений на использование мобильных телефонов нет. О масштабах использования мобильной связи говорят данные, указывающие на количество людей, которые используют мобильные телефоны: в 2018 г. – 5,135 млрд человек, и это на 4% больше, чем годом ранее [6]. В России на руках пользователей мобильной связи находится 230 млн мобильных телефонов, и их количество в полтора раза больше, чем абсолютная численность населения [7, 8]. Мобильными телефонами пользуются не только взрослые люди, но и дети, и беременные женщины, подвергая воздействию ЭМИ ещё формирующийся организм не родившегося ребёнка, который может быть крайне чувствительным к воздействию электромагнитного излучения.

Панфилова В.В. – ст. науч. сотр., к.б.н.; Колганова О.И.* – ст. науч. сотр., к.б.н.; Чибисова О.Ф. – науч. сотр. МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России.

*Контакты: 249035, Калужская обл., Обнинск, ул. Королева, 4. Тел.: 8 (484) 399-71-38; e-mail: o.kolgan.obn@mail.ru.

Анализ научной литературы о влиянии ЭМИ на развитие организма человека и животных даёт противоречивые данные [9, 10], но большинство исследователей отмечает негативные воздействия излучения мобильных телефонов (импульсно-модулированное излучение) на репродуктивную систему [4, 5, 11-13]. Так, например, было экспериментально показано негативное влияние ЭМИ мобильных телефонов на развитие куриных эмбрионов [14]. Однако другими авторами установлено, что воздействие ЭМИ по 2 ч в день в течение 10 месяцев не влияет на апоптоз ткани яичек у крыс [15]. Также были приведены доводы в пользу того, что к воздействию ЭМИ крайне чувствительной оказывается ЦНС [16]. При этом другие авторы не нашли доказательств негативного воздействия импульсной радиочастоты низкой интенсивности, излучаемой обычными мобильными телефонами [17].

То есть, на основании представленных научных данных в отношении влияния ЭМИ мобильных телефонов на организм в целом и на репродуктивную систему сложно сделать однозначный вывод. И если в отношении импульсно-модулированного излучения большинство исследователей склоняется к мнению о его вредном влиянии на организм, то в отношении вклада несущей частоты в возможные негативные эффекты ЭМИ данных очень мало. Именно поэтому было решено в ходе экспериментального исследования провести оценку влияния хронического воздействия немодулированного ЭМИ на течение и исход беременности, а также на показатели раннего постнатального развития организма.

Методика исследования

Исследование проведено на 30 самцах и 62 самках крыс Вистар, 224 плодах и 234 особях первого поколения.

В ходе эксперимента 15 самцов и 32 самок крыс Вистар подвергали немодулированному непрерывному ЭМИ (частота 1800 МГц, плотность потока энергии (ППЭ) 85 мкВт/см², зона сформированной волны на расстоянии 130 см от источника). Животных облучали в решётчатых контейнерах на 16 особей в безэховой камере по 1 ч в день, 5 дней в неделю в течение 4 недель. К началу воздействия возраст животных составлял 43-46 дней. Использовали генератор сигналов серии PSG: E82257D (фирма Agilent Technologies, США). ППЭ проверяли ежедневно с помощью измерителя электромагнитных излучений ПЗ-31 (ОАО «Специальное конструкторское бюро радиоизмерительной аппаратуры», Нижний Новгород). Самцы (15 особей) и самки (30 особей) из контрольной группы подвергались ложному облучению в безэховой камере в таких же решётчатых контейнерах при выключенном источнике. Через 2 недели после последнего сеанса облучения животных из подопытной группы спарили между собой из расчёта один самец на две самки. Аналогичным образом поступили и с контрольными животными. Начало беременности (её первый день) определяли по наличию сперматозоидов во влагалищных мазках. Беременных самок из опытной группы (23 самки) облучили с 5 по 17 день беременности при тех же условиях воздействия, что и до беременности (несущая частота 1800 МГц, зона сформированной волны, ППЭ 85 мкВт/см², 1 ч в день). Самки из контрольной группы (26 особей) подвергались ложному облучению в безэховой камере в решётчатых контейнерах также с 5 по 17 день беременности. Общее состояние беременных самок, массу их тела контролировали в динамике на 1, 5, 10, 15, 20, 21, 22 и 23 сутки беременности. На 20 сутки беременности самок рассаживали по одной в клетки для устройства гнезда. Часть беременных самок умерщвляли эфирным наркозом на 20-й день беременности (в контрольной группе 12 самок, в опытной группе 13 самок). В яичниках подсчитывали

количество жёлтых тел. Рога матки вскрывали по наружному краю и определяли число мест имплантаций зародышей в матке и количество живых и погибших плодов, уровень пред- и постимплантационной смертности зародышей. Предимплантационную смертность определяли по разности между количеством жёлтых тел в яичниках и количеством мест имплантации в матке, а постимплантационную – по разности между количеством мест имплантации и числом живых плодов. У живых плодов определяли пол, кранио-каудальные размеры, массу тела, видимые аномалии развития (искривления конечностей и позвоночного столба, изменения глазных яблок, ушных раковин и прочее). Из оставшихся 10 опытных и 14 контрольных беременных самок были сформированы группы для оценки постнатального развития потомства первого поколения. У родившихся крысят определяли соотношение полов в помёте, среднюю массу тела. Учитывали также сроки начала отлипания ушей, обрастания шерстью, появление зубов и раскрытие глаз, видимые аномалии развития, число живых крысят в помёте к 28 суткам жизни. Определялась также продолжительность беременности и число самок с несостоявшейся беременностью и с внутриутробной гибелью зародышей. С этой целью не родивших самок вскрывали на 25-26 сутки после верифицированного покрытия их самцами. Если при вскрытии самок рога матки были без признаков имплантации зародышей, а яичники не содержали жёлтых тел, у таких самок беременность, несмотря на покрытие их самцами, не наступала. Если в рогах матки чётко определялись места имплантации и остатки погибших на разных стадиях развития зародышей, а в яичниках имелись жёлтые тела, таких самок относили к группе с внутриутробной гибелью зародышей.

Животных содержали в стандартных условиях вивария МРНЦ им. А.Ф. Цыба на рационе, состоящем преимущественно из брикетированного корма, согласно нормативам лабораторного животноводства.

Все полученные данные подвергали статистической обработке с использованием методов вариационной статистики (t-критерий Стьюдента, точный метод Фишера, критерий U-Манна-Уитни). Значимость различий считалась достаточной при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Установлено, что половая активность облучённых самцов, оценённая по числу покрытых самок, находящихся в предтечке и течке, соответствовала данным биологического контроля.

У подопытных самок, вскрытых во время исследования эмбриогенеза (17 особей), беременность не наступила у 4 самок; у самок, оставленных для получения потомства (15 особей), беременность не наступила у 5 самок (вскрыты на 26 сутки после покрытия самцами). У контрольной группы в обоих случаях не беременными оказались по 2 самки. Таким образом, из 32 облучённых самок беременность наступила у 23 (% беременности составил 71,9), у контрольных самок беременность наступила у 26 особей из 30 (% беременности – 86,7). Согласно точному методу Фишера, различия между группами незначимы.

Основные показатели, характеризующие протекание беременности у самок крыс, подвергавшихся во время беременности хроническому воздействию ЭМИ диапазона средств мобильной связи, и самок из контрольной группы, представлены в табл. 1. Из анализа результатов следует, что способность к оплодотворению у подопытных животных не снижена. Беременность опытных самок протекает без нарушений. Продолжительность беременности у контрольных и опытных самок в пределах нормы. Об отсутствии негативного влияния ЭМИ на исход беременности говорит и то, что прирост массы тела к родам у опытной группы самок крыс был равен

этому показателю у контрольных самок. Отсутствие статистически значимых различий в потере массы самками в родах свидетельствует об отсутствии мертворождений, которые трудно зарегистрировать из-за поедания самками мертворождённых крысят в первые часы после родов. Не зарегистрировано и статистически значимых различий в опытной и контрольной группах по числу новорождённых крысят.

Таблица 1

Основные показатели протекания беременности у самок крыс

Группа	Прирост массы тела самок к родам, г	Потеря массы тела самки в родах, %		Продолжительность беременности, сутки	Число новорождённых крысят в помёте
		на 1 самку	на 1 крысёнка		
Контроль (n=14)	144,1 ± 2,6	7,28 ± 0,6	0,82 ± 0,1	21,9 ± 0,1	9,71 ± 0,60
Опыт (n=10)	143,1 ± 3,2	6,71 ± 0,6	0,72 ± 0,1	21,9 ± 0,1	9,80 ± 0,63

Параметры эмбрионального развития потомства представлены в табл. 2. Здесь также не зарегистрировано статистически значимых различий опытной группы и контрольной. Овуляторная активность яичников самок крыс опытной группы не снижена. Кранио-каудальные размеры и масса тела плодов у самок опытной группы существенно не отличались от показателей контрольной группы. Уровень предимплантационной и постимплантационной гибели у самок из опытной группы на уровне контроля. Рассматривая структуру суммарной внутриутробной гибели зародышей, можно проследить некоторую тенденцию к увеличению постимплантационной гибели и, соответственно, суммарной гибели зародышей в опытной группе, но эти различия с биологическим контролем статистически не значимы.

Таблица 2

Основные показатели эмбриогенеза

Группа	Число жёлтых тел на 1 самку	Число мест имплантации на 1 самку	Внутриутробная гибель зародышей			Число живых плодов на 1 самку	Кранио-каудальный размер плодов, мм	Масса тела плодов, г
			предимплантационная	постимплантационная	суммарная			
Контроль (n=12)	11,50 ± 0,42	10,25 ± 0,60	1,25 ± 0,39	0,41 ± 0,19	1,66 ± 0,48	9,83 ± 0,73	31,56 ± 0,29	2,57 ± 0,06
Опыт (n=13)	10,92 ± 0,72	9,31 ± 0,60	1,61 ± 0,65	1,15 ± 0,75	2,76 ± 1,06	8,15 ± 0,97	31,15 ± 0,38	2,52 ± 0,07

Постнатальное развитие потомства облучённых животных протекает без каких-либо отклонений от контрольных животных (табл. 3). Средняя численность помёта в опытной и контрольной группах статистически значимо не различается. Масса тела новорождённых и месячных крысят идентичны в опытной и контрольной группах. В единичных случаях, не поддающихся статистической обработке, у месячных плодов из опытной группы наблюдались аномалии развития (признаки рахита).

Таблица 3

Основные показатели раннего постнатального онтогенеза

Группа	Величина помёта на 1 самку	Масса тела, г		Число живых крысят в помёте к 28 суткам
		новорождённых крысят	28-суточных крысят	
Контроль (n=14)	9,71 ± 0,60	5,71 ± 0,38	60,78 ± 1,56	9,08 ± 0,72
Опыт (n=10)	9,80 ± 0,63	5,78 ± 0,40	59,63 ± 0,96	9,20 ± 0,67

Таким образом, негативных последствий хронического воздействия электромагнитного излучения диапазона мобильной связи на течение и исход беременности облучённых самок крыс, а также на раннее постнатальное развитие их потомства в ходе нашего исследования выявлено не было. Эмбриональное развитие потомства облучённых самок крыс протекает нормально без отличий от показателей биологического контроля.

Заключение

В результате проделанной работы выявлено: эмбриогенез потомства первого поколения у самок подопытной группы протекает без существенных отклонений от показателей контрольной группы. Среднее число жизнеспособных плодов не отличается от аналогичных показателей контроля. Так же беременность и роды у самок подопытной группы протекают нормально, не отличаясь от течения беременности у самок группы контроля. По полученным данным удалось установить, что хроническое немодулированное ЭМИ не оказывает существенного влияния на течение беременности самок и раннее постнатальное развитие их потомства первого поколения. Однако на основании наших данных мы не можем сделать вывод о безопасности излучений мобильных телефонов для антенатального и постнатального развития потомства, так как мы использовали немодулированное излучение, а в сотовой связи используют модулированное ЭМИ. Мы можем только говорить о том, что несущая частота диапазона мобильной связи при воздействии на молодых крыс и, затем на беременных самок, не оказывает существенного негативного воздействия на эмбриогенез и раннее постнатальное развитие потомства облучённых животных.

Литература

1. **Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А.** Мобильная связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радио-биологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности. М.: Экономика, 2015. 566 с.
2. **IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.** Non-ionizing radiation, Part 2: radiofrequency electromagnetic fields //IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. 2013. V. 102. P. 1-460.
3. **Thomas S., Heinrich S., von Kries R., Radon K.** Exposure to radio-frequency electromagnetic field and behavioral in Bavarian children and adolescent //Europ. J. Epidemiol. 2010. V. 25, N 2. P. 135-141.
4. **Jargin S.V.** Hormesis and radiation safety norms: comments for an update //Hum. Exp. Toxicol. 2018. V. 37, N 11. P. 1233-1243.
5. **Sun C., Wei X., Fei Y., Su L., Zhao X., Chen G., Xu Z.** Mobile phone signal exposure triggers a hormesis-like effect in *Atm^{+/+}* and *Atm^{-/-}* mouse embryonic fibroblasts //Sci. Rep. 2016. V. 6. P. 37423. DOI: 10.1038/step37423.
6. Интернет 2017-2018 в мире и в России: статистика и тренды. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2017-2018-v-mire-i-v-rossii-statistika-i-trendy/> (дата обращения 28.04.2020).
7. **Вершинин А.В., Авдонина Л.А.** Влияние сотовых телефонов на здоровье человека //Вестник Пензенского государственного университета. 2015. № 3. С. 175-179.
8. **Дуликов В.З.** Технологии 21 века и социально-культурная сфера (достижения и просчёты) //Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2010. № 2. С. 64-68.
9. **Пронкевич М.Д., Белкина С.В., Жураковская Г.П.** Дефекты клеток животных, птиц и растений после воздействия *in vivo* электромагнитных излучений мобильных телефонов. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2020620488 от 16.03.2020.
10. **Пронкевич М.Д., Белкина С.В., Петин В.Г., Воробей О.А., Переклад О.В., Жураковская Г.П.** Влияние мобильной связи на нарушение здоровья людей: неканцерогенные эффекты. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019622019 от 08.11.2019.
11. **Верещако Г.Г.** Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство. Минск: Белорусская наука, 2015. 190 с.
12. **Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Григорьев П.Е.** Влияние низкоинтенсивных электромагнитных полей на антенатальный период развития организма. Часть 1. От гаметогенеза до родов (обзор) //Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5, № 4. С. 42-54.
13. **Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Григорьев П.Е.** Влияние низкоинтенсивных электромагнитных полей на антенатальный период развития организма. Часть 2. Отдалённые последствия в постнатальный период (обзор) //Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 1. С. 41-55.
14. **Григорьев Ю.Г.** Влияние электромагнитного поля сотового телефона на куриные эмбрионы (к оценке опасности по критерию смертности) //Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43, № 5. С. 541-543.
15. **Dasdag S., Akdag M.Z., Ulukaya E., Uzunlar A.K., Yegin D.** Mobil phone exposure does induce apoptosis on spermatogenesis in rats //Arch. Med. Res. 2008. V. 39, N 1. P. 40-44.
16. **Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И., Посадская В.М.** Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС //Радиация и риск. 2011. Т. 20, № 2. С. 64-74.
17. **Ribeiro E.P., Rhoden E.L., Horn M.M., Rhoden C., Lima L.P., Toniolo L.** Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats //J. Urol. 2007. V. 177, N1. P. 395-399.

Effect of chronic electromagnetic radiation on embryogenesis and early postnatal development of the offspring of irradiated animals

Panfilova V.V., Kolganova O.I., Chibisova O.F.

A. Tsyb MRRC, Obninsk

The effect of electromagnetic radiation of the mobile communication frequency range during chronic exposure to the reproductive function of rats, the antenatal and postnatal development of the offspring of irradiated males and females Wistar rats was studied. Irradiation conditions: the carrier frequency 1800 MHz (unmodulated radiation), the power flux density of 85 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, the zone of the formed wave (the distance from the radiation source of 1.3 m) from the radiation source. Males (15 individuals) and females (32 individuals) were exposed to radiation in an anechoic chamber in lattice containers for 1 hour a day, 5 days a week for 4 weeks. Two weeks after the last irradiation session the animals were paired at the rate of the one male for two females. Then pregnant female rats were irradiated from 5 to 17 days of pregnancy with the same exposure parameters. The animals of the control group (15 males and 30 females) were subjected to the same manipulation, but with the radiation source turned off. On the 20th day of pregnancy, some of females (13 experimental and 12 control females) were euthanized to study embryogenesis. To assess embryogenesis, the following factors were studied: ovulatory activity of the ovaries, preimplantation and postimplantation intra-uterine death of embryos, the average number of live fetuses, their cranio-caudal sizes and body weight. There was no difference between the experimental and control groups in embryogenesis. From the remaining 10 experimental and 14 control pregnant females, groups were formed to assess the postnatal development of the first generation offspring. No differences were found in the early postnatal ontogenesis of the offspring of irradiated and control animals. Thus, chronic unmodulated electromagnetic radiation with a frequency of 1800 did not have a significant effect on the course of pregnancy of the females and the early postnatal development of their first generation offspring.

Key words: mobile cellular communication, electromagnetic radiation, low intensity, anechoic chamber, Wistar rats, males, females, first generation offspring, embryogenesis, postnatal development.

References

1. Grigoriev Yu.G., Grigoriev O.A. Cellular communications and health. Electromagnetic environment. Radiobiological and hygienic problems. Hazard forecast. Moscow, Economics, 2015. 566 p. (In Russian).
2. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*, 2013, vol. 102, pp. 1-460.
3. Thomas S., Heinrich S., von Kries R., Radon K. Exposure to radio-frequency electromagnetic field and behavioral in Bavarian children and adolescent. *Europ. J. Epidemiol.*, 2010, vol. 25, no. 2, pp. 135-141.
4. Jargin S.V. Hormesis and radiation safety norms: comments for an update. *Hum. Exp. Toxicol.*, 2018, vol. 37, no. 11, pp. 1233-1243.
5. Sun C., Wei X., Fei Y., Su L., Zhao X., Chen G., Xu Z. Mobile phone signal exposure triggers a hormesis-like effect in *Atm*^{+/+} and *Atm*^{-/-} mouse embryonic fibroblasts. *Sci. Rep.*, 2016, vol. 6, p. 37423. DOI: 10.1038/step37423.
6. Internet 2017-2018 in the world and in Russia: statistics and trends. Available at: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2017-2018-v-mire-i-v-rossii-statistika-i-trendy/> (Accessed 28.04.2020). (In Russian).
7. Vershinin A.V., Avdonina L.A. The impact of cell phones on human health. *Vestnic Pensenskogo Gosudarstvennogo Universiteta – Bulletin of the Penza State University*, 2015, no. 3, pp. 175-179. (In Russian).
8. Dulikov V.Z. Technologies of the 21st century and the socio-cultural sphere (achievements and miscalculations). *Vestnic Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstva – Bulletin of the Moscow State University of Culture and Arts*, 2010, no. 2, pp. 64-68. (In Russian).

9. **Pronkevich M.D., Belkina S.V., Zhurakovskaya G.P.** Defects of cells of animals, birds and plants after in vivo exposure to electromagnetic radiation of mobile phones. Certificate of registration of the database RU 2020620488 dated 16.03.2020. (In Russian).
10. **Pronkevich M.D., Belkina S.V., Petin V.G., Vorobey O.A., Pereklad O.V., Zhurakovskaya G.P.** Influence of mobile communications on human health disorders: non-carcinogenic effects. Certificate of registration of the database RU 2019622019 dated 08.11.2019. (In Russian).
11. **Vereshchako G.G.** Influence of electromagnetic radiation of mobile phones on the state of the male reproductive system and offspring. Minsk, Belarusian science, 2015. 190 p. (In Russian).
12. **Khorseva N.I., Grigoriev Yu.G., Grigoriev P.E.** Influence of low-intensity electromagnetic fields on the organisms' antenatal development. Part 1. From gametogenesis to birth (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovanij – Journal of Biomedical Research*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 42-54. (In Russian).
13. **Khorseva N.I., Grigoriev Yu.G., Grigoriev P.E.** Influence of low-intensity electromagnetic fields on the organisms' antenatal development. Part 2. Late effects during the postnatal period (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovanij – Journal of Biomedical Research*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 41-55. (In Russian).
14. **Grigoriev Yu.G.** Biological effects of mobile phone electromagnetic field on chicken embryos (risk assessment using the mortality rate). *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. – Radiation Biology. Radioecology*, 2003, vol. 43, no. 5, pp. 541-543. (In Russian).
15. **Dasdag S., Akdag M.Z., Ulukaya E., Uzunlar A.K., Yegin D.** Mobil phone exposure does induce apoptosis on spermatogenesis in rats. *Arch. Med. Res.*, 2008, vol. 39, no. 1, pp. 40-44.
16. **Zhavoronkov L.P., Dubovik B.V., Pavlova L.N., Kolganova O.I., Posadskaya V.M.** The influence of wide-band pulse-modulated electromagnetic field of low-intensity on the whole excitability of the central nervous system. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2011, vol. 20, no. 2, pp. 64-74. (In Russian).
17. **Ribeiro E.P., Rhoden E.L., Horn M.M., Rhoden C., Lima L.P., Toniolo L.** Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats. *J. Urol.*, 2007, vol. 177, no. 1, pp. 395-399.