

УДК612.64:537.29:612. 014.422

ВЛИЯНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СИСТЕМУ «МАТЬ – ПЛАЦЕНТА – ПЛОД» У КРЫС С РАЗНОЙ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬЮ

© 2016 г. Т. П. Зайнаева, С. Б. Егоркина

Ижевская государственная медицинская академия, г. Ижевск

Проведено исследование по изучению влияния изолированного и сочетанного с иммобилизацией животных техногенного вращающегося электрического поля (ВЭП) на систему «мать – плацента – плод» у крыс с разной прогностической стрессоустойчивостью. В работе показано, что на 10-й день экспериментов у опытных животных по сравнению с контролем увеличивалось содержание стресс-гормонов в плазме крови, при этом степень их повышения находилась в зависимости от индивидуальной стрессоустойчивости особи. Так, при изолированном действии техногенного ВЭП у «активных» самок содержание 11-оксикортикостероидов повышалось на 7,8 % ($p > 0,05$), у «пассивных» особей на 71,7 % ($p < 0,01$). В условиях сочетанного действия ВЭП с иммобилизацией экспериментальных животных уровень кортикостероидов у стресс-устойчивых крыс повышался на 63,8 % ($p < 0,05$), у стресс-неустойчивых на 35,4 % ($p < 0,05$). Результаты патоморфологического исследования последов и плодов, полученных от опытных самок, показали, что техногенное ВЭП приводит к структурным изменениям плацент, гемодинамическим нарушениям в них, а также сопровождается задержкой роста плода и высокой эмбриональной смертностью. При этом наиболее выраженные функциональные и структурные изменения в последах наблюдались в условиях сочетанного с иммобилизацией животных действия ВЭП.

Ключевые слова: система «мать – плацента – плод», техногенное вращающееся электрическое поле, стресс

THE IMPACT OF THE LOW-FREQUENCY ROTATING ELECTRIC FIELD ON THE «MOTHER - PLACENTA - FETUS» SYSTEM IN RATS WITH VARIOUS PROGNOSTIC STRESS RESISTANCE

T. P. Zajnaeva, S. B. Yegorkina

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

The impact of the isolated low-frequency rotating electric field (the REF) and the one combined with animal immobilisation on the "mother-placenta-fetus" system in rats with various prognostic stress resistance was studied. The research showed that on the 10th experiment day stress hormone content in the blood plasma increased in experimental rats compared to the control group; the increase degree was dependant on individual species stress-resistance. Thus, on isolated action of technogeneous rotating electric field the level of 11-oxocorticosteroids increased by 7,8 % ($p > 0,05$) in "active" female rats and by 71,7 % in "passive" ones. In conditions of action of combined rotating electric field with immobilization of experimental animals the level of corticosteroids increased by 63,8 % ($p < 0,05$) in stress-resistant rats and by 35,4 % ($p < 0,05$) in stress-non-resistant rats. The results of the pathomorphological study of the afterbirth and fetuses from the experimental female rats indicated that the REF leads to the structural plasenta changes, hemodynamical disturbances and are accompanied by the late fetus growth and high embrional mortality rate. The most marked functional and structural changes in the afterbirth were seen under the REF combined with animal immobilisation.

Keywords: "mother-placenta-fetus" system, rotating electric field, stress

Библиографическая ссылка:

Зайнаева Т. П., Егоркина С. Б. Влияние вращающегося электрического поля на систему «мать – плацента – плод» у крыс с разной прогностической стрессоустойчивостью // Экология человека. 2016. № 8. С. 3–7.

Zajnaeva T. P., Yegorkina S. B. The Impact of the Low-Frequency Rotating Electric Field on the «Mother - Placenta - Fetus» System in Rats with Various Prognostic Stress Resistance. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 8, pp. 3-7.

В настоящее время интенсивное использование электрической энергии в промышленности и в быту обуславливает многократное увеличение действия электромагнитного фона Земли. Неприспособленность живых организмов к резкому повышению уровня электромагнитного излучения приводит к увеличению нагрузки на организм, напряжению его компенсаторных возможностей с включением в процесс адаптации комплекса регуляторных систем. Результатом негативного действия электромагнитных излучений являются изменения на физиологическом, биохимическом и морфологическом уровнях [4, 5,

10, 22]. При этом репродуктивная система страдает раньше других, что проявляется снижением генеративной способности и увеличением частоты патологии беременности [19, 20].

По данным А. Д. Белкина [1], Ю. Г. Рябова и др. [14], Г. В. Ломаева и др. [6], наиболее опасными для человека являются вращающиеся электромагнитные поля. Эти поля образуются между любыми электропроводниками, на которые подаются напряжения, сдвинутые электрически по фазе и которые разнесены в пространстве. В незащищенных экраном помещениях вращающиеся электромагнитные поля могут

составлять до 80 % всех электромагнитных излучений [14]. В отличие от переменных электромагнитных полей механизм действия ВЭП является не уровень поглощения энергии, а уровень энергетической насыщенности биообъекта и его структурная организация, поэтому эффект вращающихся полей проявляется даже при подпороговых значениях энергии [10].

Цель исследования: изучить морфофункциональные изменения в системе «мать – плацента – плод» при действии изолированного техногенного вращающегося электрического поля (ВЭП) и в сочетании его с иммобилизацией экспериментальных животных с разной индивидуальной стрессоустойчивостью.

Методы

Эксперименты проведены на белых беспородных беременных крысах-самках массой 180–220 г в осенне-зимний период с 10-го дня беременности. Животных содержали в виварии в стандартных условиях температурного и светового режима на достаточно калорийном рационе. Протокол эксперимента и выведение животных из опыта осуществляли в соответствии с принципами биоэтики, изложенными в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985) и приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации № 708н от 23.08.2010 г. «Об утверждении правил лабораторной практики». Для получения беременности к самкам в стадии проэструса-эструса подсаживали самцов в соотношении 1 : 4. Беременность устанавливали на основании мониторинга кольпоцитогаммы и обнаружения сперматозоидов в вагинальных мазках экспериментальных животных [2]. До начала опытов всех животных тестировали по методике «открытого поля». При тестировании регистрировались следующие поведенческие показатели: горизонтальная и вертикальная двигательная активность, латентный период первого движения, латентный период выхода в центр, количество пересеченных квадратов, количество стоек, общее время груминга и вегетативные показатели (число болюсов). Процесс регистрации и оценка поведенческих показателей животных проводилась с использованием программного комплекса RATEST [19]. В зависимости от результатов поведенческих тестов животных делили на «активных» – стрессоустойчивых и «пассивных» – стресс-неустойчивых. Проведены две серии опытов. В первой серии беременных крыс ($n = 27$) подвергали действию техногенного ВЭП. Во второй беременных самок ($n = 29$) подвергали сочетанному действию техногенного ВЭП с хронической прерывистой иммобилизацией. Действие техногенного ВЭП осуществляли, помещая беременных крыс в центральную часть установки, моделирующей ВЭП. Используемая установка представляла один из вариантов физической модели высоковольтной линии электропередач, дополненной фазовращателем [11] (регистрационный номер заявки 2016100293 от 11.01.2016).

Хроническую прерывистую иммобилизацию моделировали путем жесткой фиксации животных к лабораторным станкам за 4 конечности брюшком кверху, ежедневно по 60 минут в течение 10 дней. В опыт животных брали с 10-го дня беременности.

Группой контроля служили «активные» и «пассивные» беременные самки ($n = 32$), не подвергавшиеся экспериментальным воздействиям.

На 10-й день опытов животных выводили из эксперимента путем введения этанала-натрия в дозе 60 мг/кг внутривенно и осуществляли забор крови из полостей сердца, а также проводили аутопсию самок и плодов.

При макроскопическом исследовании последов оценивали степень их кровенаполнения, форму, цвет и консистенцию, а также осуществляли органомерию (измерение массы, объема и площади последов). У извлеченных плодов оценивали внешний вид и определяли массу тела. Показатель общей эмбриональной смертности рассчитывали по формуле Щербака [21].

В плодовой части плаценты определяли площадь околоросинчатого пространства посредством наложения на цифровое изображение 100-точечной измерительной сетки в программе Adobe Photoshop CS2, используя формулу Пика $S = n + k/2 - 1$, где n – число узлов внутри многоугольника, k – число граничных узлов. Цифровое изображение микроскопических срезов плацент получали с помощью цветной видеокамеры «Canon EOS 5D МК III».

В плазме крови беременных самок (опытной и контрольной групп) определяли уровень 11-оксикортикостероидов (11-ОКС) [13].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием U-критерия Манна – Уитни. Различия выборок считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$. Результаты обработаны с использованием программ Microsoft Excel 2005, Statistica 6,0.

Результаты

Техногенное ВЭП вызывало изменение содержания кортикостероидов в плазме крови беременных самок. Так, у опытной группы животных по сравнению с группой контроля наблюдалось повышение содержания гормонов на 7,8 % ($U_{\text{эмп}} = 7,7$, $U_{\text{кр}} = 47 < 62$, $p > 0,05$) у «активных» и на 71,7 % ($U_{\text{эмп}} = 116$, $U_{\text{кр}} = 182 < 216$, $p < 0,01$) у «пассивных» особей (таблица).

В условиях сочетанного с иммобилизацией экспериментальных животных действия ВЭП содержание 11-ОКС у стресс-устойчивых крыс повышалось на 63,8 % ($U_{\text{эмп}} = 62$, $U_{\text{кр}} = 52 < 69$, $p < 0,05$), у стресс-неустойчивых на 35,4 % ($U_{\text{эмп}} = 173$, $U_{\text{кр}} = 154 < 185$, $p < 0,05$).

Сравнительный анализ эмбриологических данных показал снижение численности помета и уменьшение массы плодов, полученных как от «активных», так и от «пассивных» экспериментальных самок (см. таблицу). Так, при изолированном действии техногенного ВЭП

Содержание 11-оксикортикостероидов в плазме крови беременных самок и морфометрические показатели их последов и плодов при действии вращающегося электрического поля

Показатель	Контроль		ВЭП		ВЭП в сочетании с иммобилизацией животных	
	СУ (n=13)	СН (n=19)	СУ (n=12)	СН (n=15)	СУ (n=13)	СН (n=16)
11-ОКС, мкг/л	282 ± 33,7	328,21 ± 46,3	304,2 ± 19,7	563,7 ± 26**	462,05 ± 46,8*	444,1 ± 44,6*
Площадь МВП, мкм ²	44874 ± 3998	42763 ± 3522	623094 ± 97298**	596162 ± 98863**	183283 ± 24593**	199387 ± 28911**
Масса плаценты, г	0,57 ± 0,04	0,61 ± 0,06	0,47 ± 0,015*	0,42 ± 0,01**	0,55 ± 0,02	0,48 ± 0,03
Площадь плаценты, см ²	1,77 ± 0,15	1,76 ± 0,14	1,33 ± 0,06*	1,44 ± 0,06	1,65 ± 0,09	1,39 ± 0,19
Объем плаценты, см ³	0,56 ± 0,05	0,58 ± 0,08	0,32 ± 0,045*	0,42 ± 0,04	0,61 ± 0,08	0,48 ± 0,09
Масса плода, г	4,11 ± 0,62	3,0 ± 0,58	1,93 ± 0,14**	1,42 ± 0,08**	3,11 ± 0,16	1,23 ± 0,21*
Общая эмбриональная смертность, %	18,6 ± 0,3	10,9 ± 0,3	54,8 ± 4,1**	47,9 ± 3,9**	78,4 ± 8,5**	82 ± 5**

Примечания: Статистически значимые отличия от контроля: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$. СУ – стресс-устойчивые животные, СН – стресс-неустойчивые животные, МВП – межворсинчатое пространство.

эмбриональная смертность у «активных» животных достигала ($54,8 \pm 4,1$) % (Уэмп = 20, Укр = $47 < 62$, $p < 0,01$), «пассивных» – ($47,9 \pm 3,9$) % (Уэмп = 0, Укр = $87 < 107$, $p < 0,01$), средняя масса плодов составляла ($1,93 \pm 0,1$) г (Уэмп = 31, Укр = $63 < 89$, $p < 0,01$) и ($1,42 \pm 0,01$) г (Уэмп = 19, Укр = $9 < 15$, $p > 0,05$) соответственно. При этом масса плодов контрольных самок составляла у «активных» ($4,11 \pm 0,62$) г, у «пассивных» – ($3,0 \pm 0,58$) г.

При сочетанном с иммобилизацией животных влиянии ВЭП общая эмбриональная смертность еще больше возрастала. У стресс-устойчивых самок она достигала ($78,4 \pm 8,5$) % (Уэмп = 20, Укр = $47 < 62$, $p < 0,01$), у стресс-предрасположенных – (82 ± 5) % (Уэмп = 0, Укр = $87 < 107$, $p < 0,01$). Средняя масса полученных плодов снижалась у стресс-устойчивых в 1,3 раза (Уэмп = 55, Укр = $27 < 41$, $p > 0,05$), у стресс-неустойчивых – в 2,4 раза (Уэмп = 41, Укр = $35 < 50$, $p < 0,05$) по сравнению с контролем.

Морфологические изменения последов, полученных от экспериментальных самок, находившихся в период беременности в условиях изолированного и сочетанного с иммобилизацией животных действия ВЭП, характеризовались снижением массы, объема и площади последов, расширением межворсинчатого пространства (лакун) лабиринтной части плацент и стазом крови в них.

Поседы имели преимущественно овальную форму с эксцентричным прикреплением пупочного канатика. Материнская и плодовая поверхности их были багрово-цианотичного цвета с белесоватыми очагами, бороздами и выраженным сосудистым рисунком.

При действии изолированного ВЭП при микроскопическом исследовании в последах выявлены единичные узлы «регенераты» трофобласта и расширение площади материнских лакун лабиринтной части у «активных» самок до $623\,094 \pm 97\,298$ мкм² (Уэмп = 17, Укр = $533 < 60$, $p < 0,01$), у «пассивных» до $596\,162 \pm 98\,863$ мкм² (Уэмп = 121, Укр = $329 < 380$, $p < 0,01$).

В последах, полученных от самок, находившихся

в модели сочетанного с иммобилизацией животных воздействия ВЭП, обнаружено снижение количества материнских лакун и разрастание стромы. Площадь материнских лакун лабиринтного отдела плацент составила у «активных» ($183\,283 \pm 24\,593$) мкм² (Уэмп = 130, Укр = $329 < 380$, $p \leq 0,01$), у «пассивных» – ($199\,387 \pm 28\,911$) мкм² (Уэмп = 19, Укр = $533 < 602$, $p \leq 0,01$).

Обсуждение результатов

Техногенное вращающееся электрическое поле как при изолированном, так и при сочетанном с иммобилизацией животных действии вызывало повышение содержания кортикостероидов в крови «активных» и «пассивных» беременных самок, что позволяет верифицировать это влияние как стрессогенное.

Разная степень повышения кортикостероидов в ответ на стрессорные воздействия у животных с разной прогностической устойчивостью к стрессу может объясняться особенностями реализации регулирующих систем, а именно генетически запрограммированной активацией нейромедиаторной системы в гипоталамо-лимбико-ретикулярных структурах мозга [3, 16, 17].

Патоморфологические изменения последов, наблюдаемые в наших опытах, при изолированном действии техногенного ВЭП (снижение массы, объема и площади) позволяют судить о формировании «экономичного режима» работы плаценты с выключением её периферической зоны и перераспределении тока крови к месту имплантации (централизация кровоснабжения), что необходимо для сохранения беременности. При замедлении роста последа уменьшается потребление кислорода клетками ворсин хориона и, как следствие, формируются условия для большей его отдачи плоду [7, 12].

Незначительные по сравнению с контролем изменения морфометрических показателей последов (масса, объем и площадь), наблюдаемые в условиях ВЭП с прерывистой иммобилизацией животных, можно объяснить процессом замещения паренхимы провизорного органа соединительной тканью, которая, вероятно, выполняет роль каркаса, но при этом не

обеспечивает достаточной функциональной активности плаценты.

Расширение материнских лакун лабиринтной части плацент экспериментальных животных обусловлено растяжением их увеличенным притоком крови в результате включения компенсаторно-приспособительных механизмов системы «мать — плацента — плод». Это необходимо для сближения кровотоков матери и плода и создания оптимальных условий поступления кислорода к плоду [7, 8].

Агрегированные эритроциты и сладж, наблюдаемые при микроскопии в синусоидах последов опытных животных, свидетельствуют об изменении реологических свойств крови и нарушении микроциркуляции в плаценте. Эти нарушения приводят к трофическим и гипоксическим изменениям в ней, проявляющимся разрастанием клеток трофобласта с формированием узлов.

В наших опытах структурные и гемодинамические изменения в последах, полученных от «активных» и «пассивных» самок, находившихся в период беременности в условиях действия изолированного и сочетанного с иммобилизацией ВЭП, приводят к нарушениям нутритивного статуса плаценты и снижению её функции, что проявляется низкой массой плодов и высокой эмбриональной смертностью и свидетельствует о развитии эмбрионов в условиях гипоксии [7, 8, 15].

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что техногенное ВЭП как изолированное, так и в сочетании с прерывистой иммобилизацией вызывает повышение содержания уровня кортикостероидов в плазме крови и формирует плацентарную недостаточность у самок-крыс. При этом наибольшие морфологические и функциональные изменения в системе «мать — плацента — плод» наблюдались в модели сочетанного с прерывистой иммобилизацией животных влияния ВЭП. У стресс-устойчивых самок сохранность репродуктивной функции была выше, чем у стресс-неустойчивых особей. Это подтверждает положение о том, что выраженность изменений в организме матери и плода при действии экстремальных факторов зависит не только от особенностей действующего стрессора (сила, модальность, длительность), но и от индивидуальной реактивности организма [18].

Список литературы

1. Белкин А. Д. О роли техногенных вращающихся электрических полей в эндо и экзозекологических взаимосвязях (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 6. С. 27–30.
2. Бессалова Е. Ю. Физиологические и структурные методы оценки морфофункционального статуса яичников млекопитающих // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2006. № 3. С. 85–90.
3. Егоркина С. Б. Внутриглазное давление и уровень гормонов при нейрогенном стрессе // Сборник научных трудов X международного конгресса «Здоровье и образование в XXI веке. Инновационные технологии в биологии и медицине», Москва, 9–12 декабря 2009. М., 2009. С. 1213–1214.
4. Кострюкова Н. К., Гудков А. Б., Карпин В. А., Лавкина Е. С. Биологические эффекты сверхслабых магнитных полей. Обзор литературы // Экология человека. 2004. № 3. С. 55–59.
5. Кострюкова Н. К., Карпин В. А., Гудков А. Б. Смертность населения, проживающего в местах локальных разломов земной коры // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005. № 4. С. 17–19.
6. Ломаев Г. В., Козловская Н. В., Емельянова М. С., Кулешова Д. С., Камалова Ю. Б., Редькина Т. А. Аппаратура для проведения исследования в области магнитобиологии и электромагнитной экологии // Магнитные явления. 2012. № 4. С. 140–153.
7. Милованов А. П. Патология системы мать — плацента — плод: руководство для врачей. М.: Медицина, 1999. 448 с.
8. Павлова Н. Г. Универсальные гемодинамические реакции развития плацентарной недостаточности // Пренатальная диагностика. 2005. № 1. С. 7–9.
9. Пермяков А. А., Юдицкий А. Д. Программа обработки экспериментальных данных при тестировании животных в «открытом поле» // Исследования в области естественных наук. 2013. № 9. URL: <http://science.snauka.ru/2013/09/5973> (дата обращения: 21.10.2015).
10. Пряхин Е. А. Адаптационные реакции на субклеточном, клеточном, системном и организменном уровнях при воздействии электромагнитных полей: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Челябинск, 2007. 50 с.
11. Пучков Г. Г., Перельман Л. С., Задорожная М. Н. Электрические поля электропередачи СВН и их моделирование // Электропередачи сверхвысокого напряжения и экология: сб. науч. трудов ЭНИН им. Г. М. Кржижановского. М.: ЭНИН, 1986. С. 140–154.
12. Пятыхкина Н. А., Юшков Б. Г. Адаптация плаценты и пуповины беременных крыс в условиях гипоксии // Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных», Саранск, 2005. С. 187–189.
13. Резников А. Г. Методы определения гормонов: справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1980. 99 с.
14. Рябов Ю. Г., Гуров И. Б., Ломаев Г. В., Билецкий С. Э. Многослойный электромагнитный экран для защиты среды обитания от электромагнитных воздействий // Энергобезопасность и энергосбережение. 2011. № 1. С. 3–7.
15. Стрижаков А. Н. Патофизиология плода и плаценты. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 176 с.
16. Судаков К. В. Системные основы эмоционального стресса. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 112 с.
17. Худоевков Р. М. Особенности изменений обмена нейромедиаторов мозга под влиянием разных доз амфетамина // Журнал неврологии и психиатрии имени С. С. Корсакова. 2007. № 5. С. 49–54.
18. Чистякова Н. В. Генетические и психологические механизмы регуляции функциональной системы «мать — плод» // Экспериментальная психология. 2013. № 4. С. 22–30.
19. Шилкова Т. В. Эффекты воздействия электромагнитного поля радиочастотного диапазона на систему крови и репродуктивную функцию экспериментальных животных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2011. 122 с.
20. Щепина Т. П., Некрасова Д. А., Егоркина С. Б. Влияние вращающегося электрического поля низкой частоты на репродуктивный потенциал экспериментальных животных // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 8. С. 53–55.
21. Щербак Б. И. Гигиеническая оценка поливинил-

ацетатных дисперсий : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Кемерово, 1976. 27 с.

22. Gerardi G., De Ninno A., Prosdociami M., Ferrari V., Barbaro F., Mazzariol S., Bernardini D., Talpo G. Effects of electromagnetic fields of low frequency and low intensity on rat metabolism // *BioMagnetic Research and Technology*. 2008. N 6.

References

1. Belkin A. D. On the role of technogeneous rotating electric fields in the endo and exo ecological relationships (review). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 1999, 6, pp. 27-30. [in Russian]

2. Bessalova E. Ju. Physiological and structural methods of assessing morphofunctional mammalian ovarian status. *Klinichna anatomii ta operativna khirurgiia* [Clinical Anatomy and Operative Surgery]. 2006, 3, pp. 85-90. [in Russian]

3. Egorikina S. B. Vnutriglaznoe davlenie i uroven' gormonov pri neirogenom stresse Intraocular pressure and hormones level in neurogenic stress. In: *Sbornik nauchnykh trudov X mezhdunarodnogo kongressa «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke. Innovatsionnye tehnologii v biologii i meditsine», Moskva, 9-12 dekabrya 2009* [Cognitive Research of the X International Congress "Health and Education in the XXI century. Innovative Technologies in Biology and Medicine", Moscow, 9-12 December 2009]. Moscow, 2009, pp. 1213-1214.

4. Kostryukova N. K., Gudkov A. B., Karpin V. A., Lavkina E. S. Biological effects of overweak magnetic fields. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 3, pp. 55-59. [in Russian]

5. Kostryukova N. K., Karpin V. A., Gudkov A. B. Mortality of population living in areas of local Earth's crust ruptures. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of social hygiene, health and medical history]. 2005, 4, pp. 17-19. [in Russian]

6. Lomaev G. V., Kozlovskaja N. V., Emel'janova M. S., Kuleshova D. S., Kamalova Ju. B., Red'kina T. A. Equipment for conducting research in the area of magnetobiology and electromagnetic ecology. *Magnitnye yavleniia* [Magnetic phenomena]. 2012, 4, pp. 140-153. [in Russian]

7. Milovanov A. P. *Patologiya sistemy mat' - platsenta - plod: rukovodstvo dlya vrachei* [Pathology of the mother - placenta - fetus system: a guide for physicians]. Moscow, Meditsina Publ., 1999, 448 p.

8. Pavlova N. G. Universal hemodynamic response of placental insufficiency. *Prenatal'naya diagnostika* [Prenatal diagnosis]. 2005, 1, pp. 7-9. [in Russian]

9. Permyakov A. A., Yuditskii A. D. The program for the processing of the experimental data in animal testing in the «open field». *Issledovaniya v oblasti estestvennykh nauk* [Research in the field of natural sciences]. 2013, 9, URL: <http://science.snauka.ru/2013/09/5973> (accessed 21.10.2015). [in Russian]

10. Pryakhin E. A. *Adaptatsionnye reaktsii na subkletochnom, kletochnom, sistemnom i organizmennom urovnyakh pri vozdeistvii elektromagnitnykh polei. Avtoref. dokt. dis.* [Adaptable reactions at the subcellular, cellular, system, and organism levels when exposed to electromagnetic fields. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Chelyabinsk, 2007, 50 p.

11. Puchkov G. G., Perel'man L. S., Zadorozhnaya M. N. Elektricheskie polya elektroperedachi SVN i ikh modelirovanie [Electric field of electrotransmissions EHV and modeling]. In:

Elektroperedachi sverkhvysokogo napryazheniya i ekologiya : sb. nauch. trudov ENIN im. G. M. Krzhizhanovskogo [Electrotransmission of EHV and ecology. Digest of Scientific Papers ENIN named after G. M. Krzyzanowski]. Moscow, 1986, pp. 140-154.

12. Pyatyshkina N. A., Yushkov B. G. Adaptatsiya platsenty i pupoviny beremennykh krysv v usloviyakh gipoksii [Adaptation of the umbilical cord and placenta of pregnant rats during hypoxia]. In: *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Aktual'nye problemy ekologicheskoi fiziologii, biokhimii i genetiki zhivotnykh»* [Proceedings of the international scientific conference "Actual problems of ecological physiology, animal biochemistry and genetics"]. Saransk, 2005, pp. 187-189.

13. Reznikov A. G. *Metody opredeleniia gormonov. Spravochnoe posobie* [Methods for determination of hormones. Reference guide]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980, 399 p.

14. Ryabov Yu. G., Gurov I. B., Lomaev G. V., Biletskii S. E. Multi-layered electromagnetic screen for habitat protection from electromagnetic influences. *Energobezopasnost' i energosberezhenie* [Energy security and energy efficiency]. 2011, 1, pp. 3-7. [in Russian]

15. Strizhakov A. N. *Patofiziologiya ploda i platsenty* [Pathophysiology of the fetus and placenta]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015, 176 p.

16. Sudakov K. V. *Sistemnye osnovy emotsional'nogo stressa* [System basics of emotional stress]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2010, 112 p.

17. Hudoerkov R. M. The influence of amphetamine on changes in the brain neuromediator metabolism. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S. S. Korsakova*. 2007, 5, pp. 49-54. [in Russian]

18. Chistyakova N. V. Genetic and psychological regulation mechanisms of the functional system «mother - fetus». *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology]. 2013, 4, pp. 22-30. [in Russian]

19. Shilkova T. V. *Effekty vozdeistviya elektromagnitnogo polya radiochastotnogo diapazona na sistemu krovi i reproduktivnyuyu funktsiyu eksperimental'nykh zhivotnykh. Avtoref. kand. dis.* [The influence of the electric field of radiofrequency in the blood system and the reproductive function in experimental animals. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Chelyabinsk, 2011, 50 p.

20. Shchepina T. P., Nekrasova D. A., Egorikina S. B. The influence of low frequency rotating field on reproductive potential of experimental animal. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public health and environment]. 2014, 8, pp. 53-55. [in Russian]

21. Shcherbak B. I. *Gigienicheskaya otsenka polivinilatsetatnykh dispersii. Avtoref. kand. dis.* [Hygienic assessment of polyvinyl acetate dispersions. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Kemerovo, 1976, 27 p.

22. Gerardi G., De Ninno A., Prosdociami M., Ferrari V., Barbaro F., Mazzariol S., Bernardini D., Talpo G. Effects of electromagnetic fields of low frequency and low intensity on rat metabolism. *BioMagnetic Research and Technology*. 2008, 6, pp. 1.

Контактная информация:

Зайнаева Татьяна Павловна – заочный аспирант кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России
Адрес: 426056, г. Ижевск, ул. Коммунаров, д. 281
E-mail: eristics@mail.ru