

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
НА АНТЕНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА
Часть 1. От гаметогенеза до родов (обзор)**

*Н.И. Хорсева**/**, *Ю.Г. Григорьев****, *П.Е. Григорьев*****/*****

*Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
(Москва)

**Институт космических исследований РАН
(Москва)

***Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
(Москва)

****Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
(Республика Крым, г. Симферополь)

*****Тюменский государственный университет
(г. Тюмень)

Проанализированы научные работы по изучению влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей природного (космофизические факторы) и техногенного (излучение мобильных телефонов) происхождения на развитие организма человека и животных в антенатальный (внутриутробный) период, включая этапы формирования половых клеток, зачатия, беременности и родов. Антенатальный период развития был выбран не случайно, поскольку именно в это время механизмы адаптации организма к воздействиям внешней среды только формируются. Главная задача обзора – систематизировать основные направления работ в данной области и представить полученные результаты; в статье намеренно не приведен подробный анализ возможных механизмов воздействия данных факторов внешней среды, поскольку это задача, требующая отдельного рассмотрения (следует отметить, однако, что возможные механизмы воздействия, в частности электромагнитного излучения мобильных телефонов, рассматриваются в большинстве проанализированных работ). Подчеркнута принципиальная разница в характере биотропного воздействия изучаемых факторов. Космическая погода как неотъемлемый фактор среды обитания человека в глобальном масштабе имеет циклические и квазипериодические изменения (на уровне десятилетий, года, месяца, недели, дня), в то время как излучение мобильных телефонов является неконтролируемым и постоянно действующим фактором с выраженным накопительным эффектом. Анализ данных различных исследователей выявил их

Ответственный за переписку: Хорсева Наталья Игоревна, *адрес:* 119334, Москва, ул. Косыгина, д. 4; *e-mail:* sheridan1957@mail.ru

Для цитирования: 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) // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 4. С. 42–54. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.42

противоречивость, однако в целом они указывают на то, что низкоинтенсивные электромагнитные поля – как природные (космофизические факторы), так и техногенные (излучение мобильных телефонов) – могут влиять на антенатальное развитие организма.

Ключевые слова: *низкоинтенсивные электромагнитные поля, космофизические факторы, солнечная и геомагнитная активность, излучение мобильных телефонов, антенатальное (внутриутробное) развитие.*

Низкоинтенсивные электромагнитные поля могут быть представлены как факторами космической погоды (естественные электромагнитные поля, в частности геомагнитная активность – ГМА), так и техногенными факторами (излучение мобильных телефонов). В отличие от исследований влияния солнечной активности (СА) и ГМА, которые сложились уже давно в целом направление биологической науки – гелиобиологию, основоположником которой является Александр Леонидович Чижевский [1], изучение возможных биоэффектов электромагнитного излучения мобильных телефонов (ЭМИ МТ) началось относительно недавно [2].

Многочисленные исследования показывают, что вышеуказанные факторы могут оказывать влияние на организм – от атомарного уровня до организменного. Именно поэтому важно рассмотреть эффекты влияния данных факторов на антенатальном этапе развития организма, когда механизмы адаптации к воздействиям внешней среды только формируются. В связи с этим необходимо отметить исследования Юрия Григорьевича Григорьева, которые позволили впервые в мире экспериментально показать негативное влияние ЭМИ МТ на развитие куриных эмбрионов [3].

Следует сразу обратить внимание на существенные различия в воздействии этих двух факторов на организм. Если космическая погода – неотъемлемый фактор среды обитания человека и в глобальном масштабе (годы) имеет циклические и квазипериодические изменения (на уровне лет, месяцев, недель, суток, часов, минут), то воздействия ЭМИ мобильных устройств, включая сотовые вышки, Wi-Fi-роутеры и МТ, являются открытыми, не-

контролируемыми и постоянно действующими факторами.

В данном обзоре приведен анализ литературных данных в области исследования влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей природного (космофизические факторы) и техногенного (излучение МТ) происхождения на антенатальный (внутриутробный) период развития: от конечных этапов формирования половых клеток до родов. Следует подчеркнуть, что мы ставили главной своей задачей систематизировать основные направления работ в этих областях и представить полученные результаты. Мы намеренно не касались подробного анализа возможных механизмов воздействия данных факторов внешней среды, поскольку это задача, требующая отдельного рассмотрения.

Гаметогенез. Известно, что половая система человека закладывается очень рано: уже на 3-й неделе эмбриогенеза в стенке желточного мешка из мезенхимы закладываются первичные половые клетки – гонобласты, из которых в дальнейшем и формируются гаметоциты. Следует отметить, что на 6–8-й неделе гестации уже происходит интенсивное формирование основных структур мужской и женской половой систем. Поэтому изучение влияния факторов внешней среды на формирование половой системы в целом и на половые клетки в частности весьма актуально для сохранения репродуктивного здоровья как родителей, так и их потомков.

Исследования в области влияния космофизических факторов на процессы формирования половых клеток родителей весьма ограничены [4, 5]. Тем не менее на основании изучения доку-

ментов Крымского республиканского медико-генетического центра за период 1975–2006 годов и Харьковского специализированного медико-генетического центра (1989–2002 годы) с помощью метода наложения эпох было проанализировано изменение космофизических факторов в период заключительных этапов формирования половых клеток для 406 случаев рождения детей с простой формой синдрома Дауна и 1031 ребенка с нормальным кариотипом, близких по времени и месту рождения к группе сравнения, за тот же срок. Установлено, что в период недели, предшествующей зачатию детей с синдромом Дауна, высока вероятность повышенной солнечной активности [6]. Авторы полагают, что возрастание интенсивности ультрафиолетового излучения, связанное с повышением СА, может прямо или опосредованно воздействовать на процессы созревания яйцеклетки, увеличивая вероятность возникновения нерасхождения хромосом в процессе мейотических делений.

Подобный анализ был сделан для 392 случаев хромосомных патологий (группа контроля – 1878 случаев), выявленных при кариотипировании абортивного материала и материала замерших беременностей, на основании данных учетной документации по инвазивной пренатальной диагностике женщин группы риска по хромосомным патологиям специализированных медико-генетических центров г. Симферополя и г. Кривого Рога. Установлено, что хромосомные нарушения, выявленные на разных стадиях беременности (в т. ч. приводящие к выкидышам), сопряжены с экстремумами СА и ГМА за 3 и 2 недели перед зачатием [7, 8].

Работы по изучению влияния ЭМИ МТ на живые системы ведутся начиная с 1999 года и особенно активно в последние годы. Результаты этих исследований суммированы в обзорах F. Deepinder et al. (2007), S. La Vignera et al. (2012), M.A. Bhat (2013), J.A. Adams et al. (2014) [9–12] и в монографии Г.Г. Верещако (2015) [2]. Несмотря на то, что полученные данные весьма противоречивы, большинство исследователей регистрируют негативные воздействия из-

лучения МТ на репродуктивную систему, в т. ч. на процессы гаметогенеза и половые клетки. Доступные публикации в этой области можно условно разделить на основные блоки: 1) эксперименты на животных; 2) изучение воздействия на репродуктивную систему человека.

Первый блок включает следующие группы исследований:

1. Изучение влияния на репродуктивную систему животных при хроническом воздействии излучения МТ на организм в целом [2, 10]. В работе S. Dasdag et al. установлено, что воздействие ЭМИ по 2 ч в день в течение 10 мес. не влияет на степень апоптоза ткани яичек у крыс [13]. Отрицательный результат был получен и E.P. Ribeiro et al. в эксперименте со взрослыми крысами – при воздействии импульсной радиочастоты (1,835–1,850 МГц) низкой интенсивности, излучаемой обычным сотовым телефоном, в течение 11 нед. по 1 ч в день [14].

Тем не менее в работе M. Saugin зафиксировано снижение количества клеток Лейдига у самцов крыс после 28-дневной экспозиции ЭМИ частотой 2,45 ГГц по 60 мин в день [15]. В исследовании J.G. Yan et al. зарегистрировано увеличение гибели сперматозоидов у крыс при ежедневном воздействии сотовых телефонов в течение 18 дней [16]. В работе Н.В. Чуешовой (2016) установлено снижение фертильности у крыс при воздействии ЭМИ, выражающееся в достоверном падении жизнеспособности зрелых половых клеток, которое зависит от длительности экспозиции [17]. Наиболее подробно результаты хронического воздействия на репродуктивную систему и потомство крыс описаны в монографии Г.Г. Верещако [2].

2. Изучение влияния излучения МТ на репродуктивную систему потомков животных, внутриутробное развитие которых прошло под хроническим воздействием ЭМИ МТ. В частности, в работе S. Türedi et al. (2016) показано, что пренатальное воздействие ЭМИ (900 МГц, в течение 1 ч каждый день с 13-го по 21 день беременности) привело к уменьшению у самок крыс в помете объема овариальных фолликулярных резервуаров в начале их препу-

бертатного периода [18]. Подобные результаты были получены ранее и А. Gul et al. (2009) [19]. В исследовании I. Sehitoglu et al. (2015) при хроническом воздействии ЭМИ МТ зарегистрированы изменения и со стороны мужской репродуктивной системы крыс, в частности снижение уровня общего тестостерона, размера и веса яичек [20].

3. Изучение воздействия ЭМИ МТ как на организм во время беременности, так и на потомство первого поколения, полученное от облученных родителей. Наиболее интересны исследования Г.Г. Верещако и Н.В. Чуешовой с соавторами, по результатам которых установлены снижение числа родившихся животных от облученных родителей практически на 26 % и изменение соотношения полов в пользу самцов. Кроме того, наблюдалось более раннее половое созревание последних, однако при этом регистрировалась диспропорция процесса сперматогенеза: количество сперматозидов 1-го порядка и сперматозидов в S-фазе было снижено, число зрелых сперматозоидов – повышено, но при этом отмечалась их низкая жизнеспособность [21].

Итак, на основании представленных данных можно полагать, что воздействие ЭМИ МТ на организм в целом может оказывать негативное влияние и на репродуктивную систему, в частности мужскую, экспериментальных животных.

Второй блок посвящен изучению воздействия ЭМИ МТ на репродуктивную систему человека, исследования можно также разделить на группы:

1. Изучение непосредственного влияния на сперму в экспериментах *in vitro*. Результаты подобных исследований демонстрируют негативный эффект ЭМИ МТ на подвижность сперматозоидов, их жизнеспособность и качество спермы [9–12, 22], на морфометрию сперматозоидов [10–12, 23, 24], при этом отсутствие влияния ЭМИ МТ на акросомную реакцию [23]. В то же время при одинаковых длительности экспозиции (60 мин) ЭМИ МТ, частотном диапазоне (900 МГц) и сопоставимости по удельному коэффициенту поглощения SAR (Specific

Absorption Rate) – 1,46 Вт/кг [25] и 2,0 Вт/кг [26] – при изучении образцов человеческой спермы исследователи получают прямо противоположные результаты – от регистрации эффекта до его полного отсутствия. Отсутствие эффекта при тех же условиях экспозиции ЭМИ МТ, но в другом частотном диапазоне (1950 МГц) зафиксировано в работе S. Nakatani-Enomoto et al. [27]. В связи с этим интересны результаты эксперимента R. Mouradi et al. (2012), где было рассчитано расстояние, при котором был бы значимым эффект ЭМИ МТ на сперму человека. Этот эксперимент моделировал воздействие ЭМИ МТ на половые органы мужчин при ношении телефона в кармане брюк. Данная модель показала, что для регистрации эффекта ЭМИ МТ расстояние между образцом спермы и МТ должно быть на 0,8–1,8 см больше действительного расстояния между телефоном в кармане брюк и семенниками [28].

Следует отметить, что данные эксперименты не могут в полной мере отображать возможные изменения сперматозоидов, поскольку воспроизвести хроническое воздействие (в течение нескольких дней) ЭМИ МТ не представляется возможным. Тем не менее, несмотря на противоречивые результаты, эксперименты *in vitro* показывают, что ЭМИ МТ может негативно влиять на показатели спермограммы, в т. ч. на морфометрические показатели.

2. Изучение репродуктивной системы мужчин – пользователей мобильной связи. В настоящее время мужское бесплодие составляет уже 30–40 % всех случаев бесплодия, и в перечне негативных факторов, влияющих на репродуктивное здоровье мужчин, не последнее место занимает пользование МТ. В ряде обзоров [9–11, 29] рассматриваются результаты эпидемиологических исследований влияния ЭМИ МТ на регуляторные системы, в т. ч. на репродуктивную систему мужчин. Авторы отмечают, что использование сотовых телефонов влияет на качество спермы, уменьшая ее объем, подвижность, жизнеспособность и морфологию. При этом негативные последствия, как правило, связаны и с длительностью пользования МТ [10, 11,

30–32], и с ношением МТ в кармане брюк, т. е. в непосредственной близости от паха [12, 31, 33]. Изменения, зарегистрированные, в частности, в работе A. Zilberlicht et al. с участием 106 респондентов [32], были не столь значительны со стороны подвижности и морфометрических характеристик спермы. Авторы данного исследования подчеркивают, что для установления эффекта требуются более масштабные эпидемиологические исследования.

В связи с этим необходимо обратить внимание на работу J.A. Adams et al. с применением мета-анализа, опубликованную в 2014 году. Было проведено исследование 1492 образцов спермы мужчин, наблюдавшихся в центрах и клиниках, связанных с репродуктивным здоровьем. Установлено, что воздействие ЭМИ МТ отрицательно влияет на качество спермы. Кроме того, в данной работе было проведено объединение результатов экспериментальных данных *in vitro* и *in vivo* [12]. Ранее подобный подход был применен в исследовании S. La Vignera et al. [10].

Итак, анализ исследований за последнее десятилетие в области изучения влияния излучения МТ *in vivo* и *in vitro* на репродуктивную систему экспериментальных животных и человека показал противоречивость их результатов: одни исследователи фиксируют негативные последствия, а другие – нет. Не исключено, что такие разночтения могут быть связаны с различными методическими подходами в проведении и обработке данных исследований [11, 12, 33] и следует разработать общие требования к таким работам.

Необходимо отметить, что практически во всех исследованиях, где зарегистрированы те или иные изменения при воздействии излучения МТ, в частности изменения половых мужских клеток, авторы работ связывают это с фрагментацией ДНК и изменением обменных процессов как на уровне мембраны, так и на уровне внутриклеточных процессов [9, 11, 12, 29]. В некоторых работах даже рассматривается возможность снижения негативного воздействия с помощью приема различ-

ных препаратов, например экстракта листьев *Moringa oleifera* [34].

Зачатие. Установлено, что гелиогеофизическая обстановка, в частности уровень СА (число Вольфа, плотность потока радиоизлучения и т. д.), в момент зачатия более значима для дальнейшего развития организма, чем в момент его рождения [35].

Показано, что понижение ГМА увеличивает оплодотворяемость овец и повышает численность их потомства, а плодовитость коров статистически значимо растет в периоды максимальной ГМА. Как предполагают исследователи, этот феномен, в первую очередь, может быть связан с изменениями качества семени при искусственном оплодотворении. Отмечено, что в человеческой популяции максимальное число зачатий наблюдается в периоды минимумов ГМА [4]. Кроме того, исследования К. Бирцелле позволили выделить 4 типа гелиометеолабильности организма человека, для каждого из которых существует характерное распределение встречаемости К-индексов магнитной возмущенности в месяц зачатия [цит. по 36].

Излучение МТ также может влиять на зачатие. Так, в работе H.R. Ma et al. показано, что частота наступления беременности у самок крыс уменьшалась, а число смертей плода увеличивалось при условии, что оплодотворение было произведено самцами, ранее подвергшимся хроническому воздействию излучения МТ (4 ч в день, 18 дней) [37].

Беременность, роды. Флуктуации геомагнитного поля могут оказывать влияние на функциональное состояние плода. Это влияние может быть обусловлено изменением активности ферментов крови матери, например фермента сукцинатдегидрогеназы (СДГ), который является маркером состояния плаценты. В работе С.И. Петричук с соавторами показано, что при нормальном течении беременности изменение индекса геомагнитного поля в сторону увеличения вызывает снижение уровня средней активности СДГ [38]. У женщин же с патологическим течением беременности, по

данным Н.Б. Качергене, Р.Б. Верницкайте, наблюдается противоположная картина: возмущения геомагнитного поля вызывают увеличение активности СДГ [39].

Использование МТ также может повлиять на функционирование плаценты через изменение обменных процессов. Результаты эксперимента, в котором на добровольной основе участвовали женщины, сделавшие на сроке 50–60 дней аборт по психологическим причинам, показали, что ЭМИ сотового телефона может изменить профиль белка хориональной ткани ранней беременности на наиболее чувствительной стадии эмбрионов [40]. Достаточно оригинальны эксперименты китайских ученых, которые выявили, что ЭМИ частотой 935 МГц влияет на оплодотворение и последующее эмбриональное развитие мышей, снижая скорость бластуляции, что уменьшает возможность имплантации эмбриона [41].

Статистический анализ медицинских данных показал, что при повышенных значениях СА увеличивается и частота акушерской патологии: преждевременных родов, выкидышей, поздних токсикозов беременности [41–45], патологий последа и пупочного канатика [46]. Кроме того, анализ особенностей течения беременности показал зависимость выраженности перинатальных патологий не только от уровня СА в год рождения женщин [38, 44, 47–49], но также от стереофункциональной организации системы «мать–плацента–плод» [50] и изменений клинико-лабораторных и психометрических показателей под влиянием СА и ГМА во время беременности [51].

Результаты существующих исследований возможного негативного воздействия излучения МТ на организм беременной женщины и ее будущего ребенка противоречивы. Например, когортное исследование, проведенное в Норвегии в период 1999–2009 годов, не выявило связи режима пользования МТ буду-

щих отцов и матерей с течением и исходом беременности матерей в дальнейшем [52]. Не подтвердилось негативное влияние излучения МТ на частоту сердечных сокращений плода при однократной экспозиции в течение 5 мин в режиме ожидания [53]. Однако исследование, проведенные в Иране, показали, что использование МТ увеличивает риск ранних самопроизвольных абортов; авторы также подчеркивают, что эти результаты не касаются случаев, когда при использовании МТ применялась громкая связь [54]. Негативное воздействие излучения МТ было зафиксировано и в экспериментах на животных: самцов и самок крыс перед спариванием подвергали воздействию излучения МТ по 4 ч в день в течение 18 дней. Установлено, что по сравнению с группой животных, не подвергавшихся воздействию, снизилось число наступивших беременностей, увеличилось число погибших плодов [37].

Заключение. Таким образом, приведенные данные указывают на то, что низкоинтенсивные электромагнитные поля естественного (космофизические факторы) и техногенного (излучение МТ) происхождения влияют на антенатальное развитие организма. Следует еще раз подчеркнуть, что существует принципиальная разница в характере биотропного воздействия данных факторов: космическая погода как неотъемлемый фактор внешней среды в глобальном масштабе имеет циклические и квазипериодические изменения, в то время как излучение МТ является открытым, неконтролируемым и постоянно действующим фактором с выраженным накопительным эффектом.

В следующей части обзора будут рассмотрены вопросы отдаленных последствий воздействия космофизических факторов и излучения МТ на организм в период его антенатального развития.

Список литературы

1. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М., 1995. 766 с.
2. Верещакo Г.Г. Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство. Минск, 2015. 190 с.
3. Григорьев Ю.Г. Влияние электромагнитного поля сотового телефона на куриные эмбрионы (к оценке опасности по критерию смертности) // Радиационная биология. Радиозэкология. 2003. Т. 43, № 5. С. 541–543.
4. Гоклен М. Метроном, управляющий жизнью // Наука и жизнь. 1970. № 12. С. 87–90.
5. Маликов Д.И. Связь изменений качества семени баранов – производителей с вариациями геомагнетизма // Тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. Ставрополь, 1972. Т. 1, вып. 32. С. 225–227.
6. Григорьев П.Е., Афанасьева Н.А., Вайсерман А.М. Солнечная активность как фактор риска возникновения синдрома Дауна // Экология человека. 2009. № 11. С. 8–11.
7. Григорьев П.Е., Кодунов Л.А., Любарский А.В. Связь дезадаптации хромосомного геноза с гелиогеофизическими факторами // Украинський медичний альманах. 2005. Т. 8, № 4 (додаток). С. 40–41.
8. Григорьев П.Е., Афанасьева Н.А., Кодунов Л.А., Столяренко Н.С. Гелиогеофизические факторы риска возникновения хромосомных нарушений // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2007. № 6(58). С. 18–25.
9. Deepinder F., Makker K., Agarwal A. Cell Phones and Male Infertility: Dissecting the Relationship // *Reprod. Biomed. Online*. 2007. Vol. 15, № 3. P. 266–270.
10. La Vignera S., Condorelli R.A., Vicari E., D'Agata R., Calogero A.E. Effects of the Exposure to Mobile Phones on Male Reproduction: A Review of the Literature // *J. Androl.* 2012. Vol. 33, № 3. P. 350–356.
11. Bhat M.A. Effects of Electromagnetic Waves Emitted by Mobile Phones on Male Fertility // *Comput. Eng. Intell. Syst.* 2013. Vol. 4, № 3. URL: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CEIS/article/view/4627> (дата обращения: 10.06.2017).
12. Adams J.A., Galloway T.S., Mondal D., Esteves S.C., Mathews F. Effect of Mobile Telephones on Sperm Quality: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Environ. Int.* 2014. № 70. P. 106–112.
13. Dasdag S., Akdag M.Z., Ulukaya E., Uzunlar A.K., Yegin D. Mobile Phone Exposure Does Not Induce Apoptosis on Spermatogenesis in Rats // *Arch. Med. Res.* 2008. Vol. 39, № 1. P. 40–44.
14. 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, № 1. P. 395–399.
15. Saygin M., Caliskan S., Karahan N., Koyu A., Gumral N., Uguz A. Testicular Apoptosis and Histopathological Changes Induced by a 2.45 GHz Electromagnetic Field // *Toxicol. Ind. Health.* 2011. Vol. 27, № 5. P. 455–463.
16. Yan J.G., Agresti M., Bruce T., Yan Y.H., Granlund A., Matloub H.S. Effects of Cellular Phone Emissions on Sperm Motility in Rats // *Fertil. Steril.* 2007. Vol. 88, № 4. P. 957–964.
17. Чуешова Н.В. Сравнительный анализ эффектов кратковременного и длительного электромагнитного облучения (1800 МГц) на репродуктивную систему крыс-самцов // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер.: Мед. навук.* 2016. № 3. С. 74–79.
18. Türedi S., Hancı H., Çolakoğlu S., Kaya H., Odacı E. Disruption of the Ovarian Follicle Reservoir of Prepubertal Rats Following Prenatal Exposure to a Continuous 900-MHz Electromagnetic Field // *Int. J. Radiat. Biol.* 2016. Vol. 92, № 6. P. 329–337.
19. Gul A., Celebi H., Uğraş S. The Effects of Microwave Emitted by Cellular Phones on Ovarian Follicles in Rats // *Arch. Gynecol. Obstet.* 2009. Vol. 280, № 5. P. 729–733.
20. Sehitoglu I., Tumkaya L., Kalkan Y., Bedir R., Cure M.C., Zorba O.U., Cure E., Yuce S. Biochemical and Histopathological Effects on the Rat Testis After Exposure to Electromagnetic Field During Fetal Period // *Arch. Esp. Urol.* 2015. Vol. 68, № 6. P. 562–568.
21. Верещакo Г.Г., Чуешова Н.В., Горох Г.А., Наумов А.Д. Состояние репродуктивной системы крыс-самцов первого поколения, полученных от облученных родителей и подвергнутых воздействию ЭМИ (897 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития // *Радиационная биология. Радиозэкология.* 2014. Т. 54, № 2. С. 186–192.
22. Zalata A., El-Samanoudy A.Z., Shaalan D., El-Baiomy Y., Mostafa T. *In vitro* Effect of Cell Phone Radiation on Motility, DNA Fragmentation and Cluster in Gene Expression in Human Sperm // *Int. J. Fertil. Steril.* 2015. Vol. 9, № 1. P. 129–136.

23. Falzone N., Huysen C., Becker P., Leszczynski D., Franken D.R. The Effect of Pulsed 900-MHz GSM Mobile Phone Radiation on the Acrosome Reaction, Head Morphometry and Zona Binding of Human Spermatozoa // *Int. J. Androl.* 2011. Vol. 34, № 1. P. 20–26.
24. Gutsch T., Mohamad Al-Ali B., Shamloul R., Pummer K., Trummer H. Impact of Cell Phone Use on Men's Semen Parameters // *Andrologia.* 2011. Vol. 43, № 5. P. 312–316.
25. Agarwal A., Deepinder F., Sharma R.K., Ranga G., Li J. Effect of Cell Phone Usage on Semen Analysis in Men Attending Infertility Clinic: An Observational Study // *Fertil. Steril.* 2008. Vol. 89, № 1. P. 124–128.
26. Falzone N., Huysen C., Fourie F., Toivo T., Leszczynski D., Franken D. *In vitro* Effect of Pulsed 900 MHz GSM Radiation on Mitochondrial Membrane Potential and Motility of Human Spermatozoa // *Bioelectromagnetics.* 2008. Vol. 29, № 4. P. 268–276.
27. Nakatani-Enomoto S., Okutsu M., Suzuki S., Sukanuma R., Groiss S.J., Kadowaki S., Enomoto H., Fujimori K., Ugawa Y. Effects of 1950 MHz W-CDMA-Like Signal on Human Spermatozoa // *Bioelectromagnetics.* 2016. Vol. 37, № 6. P. 373–381.
28. Mouradi R., Desai N., Erdemir A., Agarwal A. The Use of FDTD in Establishing *in vitro* Experimentation Conditions Representative of Lifelike Cell Phone Radiation on the Spermatozoa // *Health Phys.* 2012. Vol. 102, № 1. P. 54–62.
29. Desai N.R., Kesari K.K., Agarwal A. Pathophysiology of Cell Phone Radiation: Oxidative Stress and Carcinogenesis with Focus on Male Reproductive System // *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2009. № 7. P. 114.
30. Rago R., Salacone P., Caponecchia L., Sebastianelli A., Marcucci I., Calogero A.E., Condorelli R., Vicari E., Morgia G., Favilla V., Cimino S., Arcoria A.F., La Vignera S. The Semen Quality of the Mobile Phone Users // *J. Endocrinol. Invest.* 2013. Vol. 36, № 11. P. 970–974.
31. Al-Bayyari N. The Effect of Cell Phone Usage on Semen Quality and Fertility Among Jordanian Males // *Middle East Fertil. Soc. J.* 2017. Vol. 22, № 3. P. 178–182. URL: <http://doi.org/10.1016/j.mefs.2017.03.006> (дата обращения: 05.06.2017).
32. Zilberlicht A., Wiener-Megnazi Z., Sheinfeld Y., Grach B., Lahav-Baratz S., Dirnfeld M. Habits of Cell Phone Usage and Sperm Quality – Does It Warrant Attention? // *Reprod. Biomed. Online.* 2015. Vol. 31, № 3. P. 421–426.
33. Agarwal A., Durairajanayagam D. Are Men Talking Their Reproductive Health Away? // *Asian J. Androl.* 2015. Vol. 17, № 3. P. 433–434.
34. Bin-Meferij M.M., El-Kott A.F. The Radioprotective Effects of *Moringa oleifera* Against Mobile Phone Electromagnetic Radiation-Induced Infertility in Rats // *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015. Vol. 8, № 8. P. 12487–12497.
35. Мусеева Н.И. Космофизические флуктуации и развитие человеческого эмбриона // *Биофизика.* 1992. Т. 37, вып. 4. С. 700–704.
36. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу. М., 2000. 374 с.
37. Ma H.R., Li Y.Y., Luo Y.P., Ma X.L., Gong Z.Q. Effect of Guilingji Capsule on the Fertility, Liver Functions, and Serum LDH of Male SD Rats Exposed by 900 mHz Cell Phone // *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi.* 2014. Vol. 34, № 4. P. 475–479.
38. Петричук С.И., Шищенко В.М., Духова З.Н., Гайтинова А.А., Нарциссов Р.П., Сизов Ю.П. Влияние естественных физических факторов внешней среды на состояние беременных женщин с физиологическим течением беременности // *Биофизика.* 1998. Т. 43, вып. 5. С. 853–856.
39. Качергене Н.Б., Верницакйте Р.Б. Корреляция некоторых показателей внутриклеточной энергетики небеременных и беременных женщин с гелиогеофизическими и метеорологическими факторами // *Биофизика.* 1998. Т. 43, вып. 5. С. 849–852.
40. Luo Q., Jiang Y., Jin M., Xu J., Huang H.F. Proteomic Analysis on the Alteration of Protein Expression in the Early-Stage Placental Villous Tissue of Electromagnetic Fields Associated with Cell Phone Exposure // *Reprod. Sci.* 2013. Vol. 20, № 9. P. 1055–1061.
41. Chen H., Qu Z., Liu W. Effects of Simulated Mobile Phone Electromagnetic Radiation on Fertilization and Embryo Development // *Fetal Pediatr. Pathol.* 2017. Vol. 36, № 2. P. 123–129.
42. Желоховцева И.Н., Коркия Э.М. О связи акушерской патологии с метеорологическими факторами // *Акушерство и гинекология.* 1970. № 11. С. 27–31.
43. Гоголов П.З. Частота патологии беременности в зависимости от географической широты и колебаний солнечной активности // *Акушерство и гинекология.* 1974. № 9. С. 66–67.

44. Хорсева Н.И. Экологическое значение естественных электромагнитных полей в период внутриутробного развития человека: дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 144 с.
45. Stoupel E., Sirota L., Osovsky M., Klinger G., Abramson E., Israelevich P., Sulkes J., Linder N. Monthly Number of Preterm Births and Environmental Physical Activity // *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.* 2007. Vol. 18, № 2. P. 149–157.
46. Осипова Е.В., Перминова Л.И., Аверина А.С., Баженов А.А., Протопопова Н.В., Одареева Е.В. Спонтанная родовая деятельность у женщин с плацентарной недостаточностью в зависимости от геомагнитной обстановки // XXI век. Техносфер. безопасность. 2016. Т. 1, № 4. С. 85–91.
47. Крикунова Н.И., Назаренко Л.П., Леонов В.П., Минайчева Л.И., Черных В.Г. Уровень врожденных пороков развития в томской популяции и действие гелиогеофизического фактора. URL: http://www.biometrika.tomsk.ru/lib/cm_sun.htm (дата обращения: 06.06.2017).
48. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск, 1985. 181 с.
49. Хорсева Н.И., Горбунова Н.В. Связь частоты осложнений беременности с уровнем солнечной активности в год рождения матери // Тезисы VIII Международной крымской конференции «Космос и биосфера» (Судак, Крым, Украина, 28 сентября – 3 октября 2009 г.). Киев, 2009. С. 73–75.
50. Емельяненко Е.С. Влияние гелиогеофизических факторов на особенности течения беременности при различных формах стереофункциональной организации системы «мать–плацента–плод»: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ростов н/Д., 2002. 24 с.
51. Бобина И.В. Влияние факторов солнечной и геомагнитной активности на психометрические и клинико-лабораторные показатели беременных женщин // Изв. Алтайск. гос. ун-та. 2009. № 3. С. 7–11.
52. Baste V., Oftedal G., Møllerlækken O.J., Mild K.H., Moen B.E. Prospective Study of Pregnancy Outcomes After Parental Cell Phone Exposure: The Norwegian Mother and Child Cohort Study // *Epidemiology.* 2015. Vol. 26, № 4. P. 613–621.
53. Celik O., Hascalik S. Effect of Electromagnetic Field Emitted by Cellular Phones on Fetal Heart Rate Patterns // *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.* 2004. Vol. 112, № 1. P. 55–56.
54. Mahmoudabadi F.S., Ziaei S., Firoozabadi M., Kazemnejad A. Use of Mobile Phone During Pregnancy and the Risk of Spontaneous Abortion // *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2015. № 13. P. 34.

References

1. Chizhevskiy A.L. *Kosmicheskij pul's zhizni: Zemlya v ob'yatiyakh Solntsa. Geliotaraksiya* [The Cosmic Pulse of Life: The Earth in the Sun's Embrace. Heliotaraxy]. Moscow, 1995. 766 p.
2. Vereshchako G.G. *Vliyanie elektromagnitnogo izlucheniya mobil'nykh telefonov na sostoyanie muzhskoy reproduktivnoy sistemy i potomstvo* [Influence of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the State of the Male Reproductive System and Offspring]. Minsk, 2015. 190 p.
3. Grigor'ev Yu.G. Vliyanie elektromagnitnogo polya sotovogo telefona na kurinye embriony (k otsenke opasnosti po kriteriyu smertnosti) [Biological Effects of Mobile Phone Electromagnetic Field on Chicken Embryos (Risk Assessment Using the Mortality Rate)]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2003, vol. 43, no. 5, pp. 541–543.
4. Goklen M. Metronom, upravlyayushchiy zhizn'yu [Metronome Managing Life]. *Nauka i zhizn'*, 1970, no. 12, pp. 87–90.
5. Malikov D.I. Svyaz' izmeneniy kachestva semeni baranov – proizvoditeley s variatsiyami geomagnetizma [Relationship Between Changes in the Quality of Ram Sire Semen and Geomagnetic Variations]. *Trudy VNIIOvtsevodstva i kozovodstva* [Proc. All-Union Research Institute for Sheep and Goat Production]. Stavropol, 1972. Vol. 1, iss. 32, pp. 225–227.
6. Grigor'ev P.E., Afanas'eva N.A., Vayserman A.M. Solnechnaya aktivnost' kak faktor riska vzniknoveniya sindroma Dauna [Solar Activity as a Hazard Factor for Down's Syndrome]. *Ekologiya cheloveka*, 2009, no. 11, pp. 8–11.
7. Grigor'ev P.E., Kodunov L.A., Lyubarskiy A.V. Svyaz' dezadaptatsii khromosomnogo geneza s geliogeofizicheskimi faktorami [Link Between Maladjustment of Chromosomal Genesis and Heliogeophysical Factors]. *Ukrains'kiy medichniy al'manakh*, 2005, vol. 8, no. 4 (suppl.), pp. 40–41.

8. Grigor'ev P.E., Afanas'eva N.A., Kodunov L.A., Stolyarenko N.S. Geliogeofizicheskie faktory riska vozniknoveniya khromosomnykh narusheniy [Heliogeophysical Factors of a Rise of the Chromosomal Diseases]. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*, 2007, no. 6, pp. 18–25.
9. Deepinder F., Makker K., Agarwal A. Cell Phones and Male Infertility: Dissecting the Relationship. *Reprod. Biomed. Online*, 2007, vol. 15, no. 3, pp. 266–270.
10. La Vignera S., Condorelli R.A., Vicari E., D'Agata R., Calogero A.E. Effects of the Exposure to Mobile Phones on Male Reproduction: A Review of the Literature. *J. Androl.*, 2012, vol. 33, no. 3, pp. 350–356.
11. Bhat M.A. Effects of Electromagnetic Waves Emitted by Mobile Phones on Male Fertility. *Comput. Eng. Intell. Syst.*, 2013, vol. 4, no. 3. Available at: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CEIS/article/view/4627> (accessed 10 June 2017).
12. Adams J.A., Galloway T.S., Mondal D., Esteves S.C., Mathews F. Effect of Mobile Telephones on Sperm Quality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ. Int.*, 2014, no. 70, pp. 106–112.
13. Dasdag S., Akdag M.Z., Ulukaya E., Uzunlar A.K., Yegin D. Mobile Phone Exposure Does Not Induce Apoptosis on Spermatogenesis in Rats. *Arch. Med. Res.*, 2008, vol. 39, no. 1, pp. 40–44.
14. 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.
15. Saygin M., Caliskan S., Karahan N., Koyu A., Gumral N., Uguz A. Testicular Apoptosis and Histopathological Changes Induced by a 2.45 GHz Electromagnetic Field. *Toxicol. Ind. Health*, 2011, vol. 27, no. 5, pp. 455–463.
16. Yan J.G., Agresti M., Bruce T., Yan Y.H., Granlund A., Matloub H.S. Effects of Cellular Phone Emissions on Sperm Motility in Rats. *Fertil. Steril.*, 2007, vol. 88, no. 4, pp. 957–964.
17. Chueshova N.V. Sravnitel'nyy analiz effektivnoy kratkovremennogo i dlitel'nogo elektromagnitnogo oblucheniya (1800 MGts) na reproduktivnyuyu sistemu krys-samtsov [Comparative Analysis of the Effects of Short-Term and Prolonged Electromagnetic Radiation (1800 MHz) on the Reproductive System of Male Rats]. *Vesti Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seryya medytsynskikh nauk*, 2016, no. 3, pp. 74–79.
18. Türedi S., Hancı H., Çolakoğlu S., Kaya H., Odacı E. Disruption of the Ovarian Follicle Reservoir of Prepubertal Rats Following Prenatal Exposure to a Continuous 900-MHz Electromagnetic Field. *Int. J. Radiat. Biol.*, 2016, vol. 92, no. 6, pp. 329–337.
19. Gul A., Celebi H., Uğraş S. The Effects of Microwave Emitted by Cellular Phones on Ovarian Follicles in Rats. *Arch. Gynecol. Obstet.*, 2009, vol. 280, no. 5, pp. 729–733.
20. Sehitoğlu I., Tumkaya L., Kalkan Y., Bedir R., Cure M.C., Zorba O.U., Cure E., Yuce S. Biochemical and Histopathological Effects on the Rat Testis After Exposure to Electromagnetic Field During Fetal Period. *Arch. Esp. Urol.*, 2015, vol. 68, no. 6, pp. 562–568.
21. Vereshchako G.G., Chueshova N.V., Gorokh G.A., Naumov A.D. Sostoyanie reproduktivnoy sistemy krys-samtsov pervogo pokoleniya, poluchennykh ot obluchennykh roditeley i podvergnutykh vozdeystviyu EMI (897 MGts) v period embriogeneza i postnatal'nogo razvitiya [State of the Reproductive System in Male Rats of 1st Generation Obtained from Irradiated Parents and Exposed to Electromagnetic Radiation (897 MHz) During Embryogenesis and Postnatal Development]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2014, vol. 54, no. 2, pp. 186–192.
22. Zalata A., El-Samanoudy A.Z., Shaalan D., El-Baiomy Y., Mostafa T. *In vitro* Effect of Cell Phone Radiation on Motility, DNA Fragmentation and *Clusterin* Gene Expression in Human Sperm. *Int. J. Fertil. Steril.*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 129–136.
23. Falzone N., Huysen C., Becker P., Leszczynski D., Franken D.R. The Effect of Pulsed 900-MHz GSM Mobile Phone Radiation on the Acrosome Reaction, Head Morphometry and Zona Binding of Human Spermatozoa. *Int. J. Androl.*, 2011, vol. 34, no. 1, pp. 20–26.
24. Gutsch T., Mohamad Al-Ali B., Shamloul R., Pummer K., Trummer H. Impact of Cell Phone Use on Men's Semen Parameters. *Andrologia*, 2011, vol. 43, no. 5, pp. 312–316.
25. Agarwal A., Deepinder F., Sharma R.K., Ranga G., Li J. Effect of Cell Phone Usage on Semen Analysis in Men Attending Infertility Clinic: An Observational Study. *Fertil. Steril.*, 2008, vol. 89, no. 1, pp. 124–128.
26. Falzone N., Huysen C., Fourie F., Toivo T., Leszczynski D., Franken D. *In vitro* Effect of Pulsed 900 MHz GSM Radiation on Mitochondrial Membrane Potential and Motility of Human Spermatozoa. *Bioelectromagnetics*, 2008, vol. 29, no. 4, pp. 268–276.

27. Nakatani-Enomoto S., Okutsu M., Suzuki S., Suganuma R., Groiss S.J., Kadowaki S., Enomoto H., Fujimori K., Ugawa Y. Effects of 1950 MHz W-CDMA-Like Signal on Human Spermatozoa. *Bioelectromagnetics*, 2016, vol. 37, no. 6, pp. 373–381.
28. Mouradi R., Desai N., Erdemir A., Agarwal A. The Use of FDTD in Establishing *in vitro* Experimentation Conditions Representative of Lifelike Cell Phone Radiation on the Spermatozoa. *Health Phys.*, 2012, vol. 102, no. 1, pp. 54–62.
29. Desai N.R., Kesari K.K., Agarwal A. Pathophysiology of Cell Phone Radiation: Oxidative Stress and Carcinogenesis with Focus on Male Reproductive System. *Reprod. Biol. Endocrinol.*, 2009, no. 7, p. 114.
30. Rago R., Salacone P., Caponecchia L., Sebastianelli A., Marcucci I., Calogero A.E., Condorelli R., Vicari E., Morgia G., Favilla V., Cimino S., Arcoria A.F., La Vignera S. The Semen Quality of the Mobile Phone Users. *J. Endocrinol. Invest.*, 2013, vol. 36, no. 11, pp. 970–974.
31. Al-Bayyari N. The Effect of Cell Phone Usage on Semen Quality and Fertility Among Jordanian Males. *Middle East Fertil. Soc. J.*, 2017, vol. 22, no. 3, pp. 178–182. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.mefs.2017.03.006> (accessed 5 June 2017).
32. Zilberlicht A., Wiener-Megnazi Z., Sheinfeld Y., Grach B., Lahav-Baratz S., Dirnfeld M. Habits of Cell Phone Usage and Sperm Quality – Does It Warrant Attention? *Reprod. Biomed. Online*, 2015, vol. 31, no. 3, pp. 421–426.
33. Agarwal A., Durairajanayagam D. Are Men Talking Their Reproductive Health Away? *Asian J. Androl.*, 2015, vol. 17, no. 3, pp. 433–434.
34. Bin-Meferij M.M., El-Kott A.F. The Radioprotective Effects of *Moringa oleifera* Against Mobile Phone Electromagnetic Radiation-Induced Infertility in Rats. *Int. J. Clin. Exp. Med.*, 2015, vol. 8, no. 8, pp. 12487–12497.
35. Moiseeva N.I. Kosmofizicheskie fluktuatsii i razvitie chelovecheskogo embriona [Cosmophysical Fluctuations and Development of Human Embryo]. *Biofizika*, 1992, vol. 37, no. 4, pp. 700–704.
36. Vladimirovskiy B.M., Temur'yants N.A. *Vliyaniye solnechnoy aktivnosti na biosferu – noosferu* [Influence of Solar Activity on the Biosphere – Noosphere]. Moscow, 2000. 374 p.
37. Ma H.R., Li Y.Y., Luo Y.P., Ma X.L., Gong Z.Q. Effect of Guilingji Capsule on the Fertility, Liver Functions, and Serum LDH of Male SD Rats Exposed by 900 MHz Cell Phone. *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi*, 2014, vol. 34, no. 4, pp. 475–479.
38. Petrichuk S.I., Shishchenko V.M., Dukhova Z.N., Gaytinova A.A., Nartsissov R.P., Sizov Yu.P. Vliyaniye estestvennykh fizicheskikh faktorov vneshney sredy na sostoyaniye beremennykh zhenshchin s fiziologicheskimi techeniyami beremennosti [Influence of Natural Physical Factors of the Environment on the State of Pregnant Women with Physiological Pregnancy]. *Biofizika*, 1998, vol. 43, no. 5, pp. 853–856.
39. Kachergene N.B., Vernitskayte R.B. Korrelyatsiya nekotorykh pokazateley vnutrikletchnoy energetiki neberemennykh i beremennykh zhenshchin s geliogeofizicheskimi i meteorologicheskimi faktorami [Correlation of Some Indicators of Intracellular Energy of Non-Pregnant and Pregnant Women with Heliogeophysical and Meteorological Factors]. *Biofizika*, 1998, vol. 43, no. 5, pp. 849–852.
40. Luo Q., Jiang Y., Jin M., Xu J., Huang H.F. Proteomic Analysis on the Alteration of Protein Expression in the Early-Stage Placental Villous Tissue of Electromagnetic Fields Associated with Cell Phone Exposure. *Reprod. Sci.*, 2013, vol. 20, no. 9, pp. 1055–1061.
41. Chen H., Qu Z., Liu W. Effects of Simulated Mobile Phone Electromagnetic Radiation on Fertilization and Embryo Development. *Fetal Pediatr. Pathol.*, 2017, vol. 36, no. 2, pp. 123–129.
42. Zhelokhovtseva I.N., Korkiya E.M. O svyazi akusherskoy patologii s meteorologicheskimi faktorami [On the Link Between Obstetric Pathology and Meteorological Factors]. *Akusherstvo i ginekologiya*, 1970, no. 11, pp. 27–31.
43. Gogilov P.Z. Chastota patologii beremennosti v zavisimosti ot geograficheskoy shirotы i kolebaniy solnechnoy aktivnosti [Incidence of Pregnancy Pathology Depending on Geographical Latitude and Solar Activity Fluctuations]. *Akusherstvo i ginekologiya*, 1974, no. 9, pp. 66–67.
44. Khorseva N.I. *Ekologicheskoe znachenie estestvennykh elektromagnitnykh poley v period vnutritrobnogo razvitiya cheloveka* [Ecological Significance of Natural Electromagnetic Fields During Human Prenatal Development]. Moscow, 2004. 144 p.
45. Stoupe E., Sirota L., Osovsky M., Klinger G., Abramson E., Israelevich P., Sulkes J., Linder N. Monthly Number of Preterm Births and Environmental Physical Activity. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.*, 2007, vol. 18, no. 2, pp. 149–157.
46. Osipova E.V., Permineva L.I., Averina A.S., Bazhenov A.A., Protopopova N.V., Odareeva E.V. Spontannaya rodovaya deyatelnost' u zhenshchin s platsentarnoy nedostatochnost'yu v zavisimosti ot geomagnitnoy obstanovki [Earth-Magnetism-Related Spontaneous Labor in Women with Placental Deficiency]. *XXI vek. Tekhnosfermaya bezopasnost'*, 2016, vol. 1, no. 4, pp. 85–91.

47. Krikunova N.I., Nazarenko L.P., Leonov V.P., Minaycheva L.I., Chernykh V.G. *Uroven' vrozhdennykh porokov razvitiya v tomskoy populyatsii i deystvie geliogeofizicheskogo faktora* [Inherent Developmental Defects Level in the Tomsk Population and Influence of Heliophysical Factor]. Available at: http://www.biometrica.tomsk.ru/lib/cm_sun.htm (accessed 6 June 2017).

48. Kaznacheev V.P., Mikhaylova L.P. *Bioinformatsionnaya funktsiya estestvennykh elektromagnitnykh poley* [Bioinformation Function of Natural Electromagnetic Fields]. Novosibirsk, 1985. 181 p.

49. Khorseva N.I., Gorbunova N.V. *Svyaz' chastoty oslozhneniy beremennosti s urovnem solnechnoy aktivnosti v god rozhdeniya materi* [Link Between the Incidence of Pregnancy Complications and the Level of Solar Activity in the Year of Mother's Birth]. *Tezisy VIII Mezhdunarodnoy krymskoy konferentsii "Kosmos i biosfera"* [Abs. 8th Int. Crimean Conf. "Space and the Biosphere"]. Kiev, 2009, pp. 73–75.

50. Emel'yanenko E.S. *Vliyanie geliogeofizicheskikh faktorov na osobennosti techeniya beremennosti pri razlichnykh formakh stereofunktional'noy organizatsii sistemy "mat-platsenta-plod"* [Influence of Heliogeophysical Factors on the Course of Pregnancy with Various Forms of Stereofunctional Organization of the Mother–Placenta–Fetus System]. Rostov-on-Don, 2002. 24 p.

51. Bobina I.V. *Vliyanie faktorov solnechnoy i geomagnitnoy aktivnosti na psikhometricheskie i kliniko-laboratornye pokazateli beremennykh zhenshchin* [Influence of Solar and Geomagnetic Activity on Psychometric and Clinico-Laboratory Indicators of Pregnant Women]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 3, pp. 7–11.

52. Baste V., Oftedal G., Møllerløkken O.J., Mild K.H., Moen B.E. Prospective Study of Pregnancy Outcomes After Parental Cell Phone Exposure: The Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Epidemiology*, 2015, vol. 26, no. 4, pp. 613–621.

53. Celik O., Hascalik S. Effect of Electromagnetic Field Emitted by Cellular Phones on Fetal Heart Rate Patterns. *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, 2004, vol. 112, no. 1, pp. 55–56.

54. Mahmoudabadi F.S., Ziaei S., Firoozabadi M., Kazemnejad A. Use of Mobile Phone During Pregnancy and the Risk of Spontaneous Abortion. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, 2015, no. 13, p. 34.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.42

*Nataliya I. Khorseva**/**, *Yuriy G. Grigor'ev****, *Pavel E. Grigor'ev*****/*****

*Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russian Federation)

**Space Research Institute, Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russian Federation)

***Burnazyan Federal Medical and Biophysical Centre
(Moscow, Russian Federation)

****V.I. Vernadsky Crimean Federal University
(Simferopol, Russian Federation)

*****Tyumen State University
(Tyumen, Russian Federation)

INFLUENCE OF LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE ORGANISMS' ANTENATAL DEVELOPMENT Part 1. From Gametogenesis to Birth (Review)

This paper analyses works studying the influence of low-intensity electromagnetic fields of natural (cosmophysical factors) and technogenic (mobile phone radiation) origin on the antenatal development of humans and animals, including the stages of germ cells formation, conception, gestation, and parturition. We chose the antenatal period as it is then that the mechanisms of adaptation to the effects

of the external environment are just being formed. Our main task was to systematize the key lines of research in this area and present the results obtained. We chose not to give a detailed analysis of the possible impact mechanisms of these environmental factors, since such a task requires separate consideration. It should be noted, however, that the majority of the analysed works look into possible impact mechanisms, in particular those produced by electromagnetic radiation of mobile phones. The fundamental difference in the nature of the biotropic effect of these factors is underlined. Space weather as an integral factor of human habitat on a global scale undergoes cyclic and quasi-periodic changes (at the level of decades, years, months, weeks, and days), while exposure to mobile phone radiation is an uncontrollable and constantly operating factor with a pronounced accumulative effect. The analysis of the data obtained by various researchers revealed their inconsistency. Nevertheless, on the whole, they indicate that low-intensity electromagnetic fields – both natural (cosmophysical factors) and technogenic (mobile phone radiation) – can influence the antenatal development of humans and animals.

Keywords: *low-intensity electromagnetic fields, cosmophysical factors, solar and geomagnetic activity, mobile phone radiation, antenatal (intrauterine) development.*

Поступила 16.06.2017

Received 16 June 2017

Corresponding author: Nataliya Khorseva, *address:* ul. Kosygina 4, Moscow, 119334, Russian Federation; *e-mail:* sheridan1957@mail.ru

For citation: Khorseva N.I., Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev P.E. Influence of Low-Intensity Electromagnetic Fields on the Organism's Antenatal Development. Part 1. From Gametogenesis to Birth (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 42–54. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.42