

УДК 612.014.426:613.648

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

© 2018 г. **И. Б. Ушаков**, ***В. И. Попов**, ***О. А. Попова**

ФГБУ «ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна»
ФМБА России, г. Москва; *Воронежский государственный медицинский университет
имени Н. Н. Бурденко, г. Воронеж

В эксперименте, выполненном на белых лабораторных крысах-самцах с начальным возрастом 4 месяца, рассматривали динамику митотической активности эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки после 5, 7 и 10 месяцев воздействия импульсов электромагнитного поля с плотностью наведенных токов 0,37; 0,7; 0,8; 2,7 кА/м² и периодичностью импульсов 50, 100 и 500 в неделю независимо от их дробности. Целью исследования индивидуальных клеточных реакций служит не только выявление наиболее чувствительных компонентов системы, но и определение органов-мишеней для повышения эффективности защитных мероприятий по экологической безопасности человека от электромагнитного поражения. Проанализировав полученные данные, следует отметить, что в условиях применения воздействия импульсов электромагнитного поля в изученных параметрах обнаруживалась чувствительность недифференцированных эпителиоцитов крипт и наблюдался разнонаправленный эффект, который зависел от периодичности и плотности наведенных токов, причем при их повышении поражаемость эпителия слизистой оболочки тощей кишки усиливалась за счет снижения митотической активности с увеличением коэффициента поражаемости в хронодинамике для ряда параметров, экспериментально подтверждая принадлежность импульсов электромагнитного поля к биоэффективным экологическим факторам.

Ключевые слова: экологический фактор, электромагнитное поле, митотическая активность

SOME ASPECTS OF THE PERSON ECOLOGICAL SAFETY IN THE CONDITIONS OF CHRONIC ELECTROMAGNETIC FIELDS IMPULSES INFLUENCE

I. B. Ushakov, ***V. I. Popov**, ***O. A. Popova**

Federal State Institution State Research Center «Federal Medical Biophysical Center named
A. I. Burnazyan» of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow
*Voronezh State Medical University of N. N. Burdenko, Voronezh, Russia

In an experiment performed on white laboratory rats males with an initial age of 4 months, the dynamics of the mitotic activity of the epithelial cells of the jejunum mucosa crypts after 5, 7 and 10 months of exposure of an electromagnetic field impulses with a density of induced currents of 0.37; 0.7; 0.8; 2.7 kA/m² and pulse frequency of 50, 100 and 500 per week regardless of their fractionality was considered. The purpose of the study of individual cellular responses is not only to identify the most sensitive components of the system, but also to determine the target organs in order to increase the effectiveness of protective measures for the environmental safety of humans from electromagnetic damage. Having analyzed the obtained data, it should be noted that in the conditions of application of electromagnetic field impulses influence in the studied parameters, sensitivity of undifferentiated epitheliocytes of crypts was found and the multidirectional effect which depended on frequency and density of the induced currents was observed, and their increase in the damage to the jejunum mucosa epithelium amplified due to decrease in mitotic activity, with increase in coefficient of affection in chronodynamics, for a number of parameters, experimentally confirming belonging of impulses of the electromagnetic field to bioeffective ecological factors.

Key words: ecological factor, electromagnetic field, mitotic activity

Библиографическая ссылка:

Ушаков И. Б., Попов В. И., Попова О. А. Некоторые аспекты экологической безопасности человека в условиях хронического воздействия импульсов электромагнитных полей // Экология человека. 2018. № 1. С. 3–7.

Ushakov I. B., Popov V. I., Popova O. A. Some Aspects of the Person Ecological Safety in the Conditions of Chronic Electromagnetic Fields Impulses Influence. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 1, pp. 3-7.

Интенсивное развитие технологий передачи и обработки информации и энергии, дистанционного контроля и наблюдения, различных видов транспорта, а также ряда технологических процессов, сопровождающееся использованием электромагнитной и электрической энергии, в современном информационном обществе привело к тому, что в последней трети XX века возник и сформировался новый значимый

фактор загрязнения окружающей среды — электромагнитное поле (ЭМП) антропогенного происхождения, которое признано мировой общественностью важным значимым экологическим фактором. При этом анализ планов данных отраслей показывает, что в ближайшем будущем использование технических средств, генерирующих электромагнитную энергию, будет только нарастать, создавая равномерную зону

«радиопокрытия», что является не чем иным, как увеличением электромагнитного фона в окружающей среде. В связи с чем практически все технически и культурно развитые страны реализуют свои национальные программы исследования биологического действия ЭМП и обеспечения безопасности человека и экосистем в условиях данного глобального фактора загрязнения окружающей среды [9, 12, 16].

Электромагнитные поля, окружающие нас повсюду, оказывают существенное влияние на здоровье человека, и особенно в крупных городах, для которых характерна насыщенность разнообразными источниками и высокая плотность населения, вынужденного жить в огромной электромагнитной «свалке», ежедневно подвергаясь непрерывному воздействию ЭМП, что, в свою очередь, приводит к изменению характера экспозиции населения и пропорциональному увеличению числа людей, у которых появляются проблемы со здоровьем, связанные с их воздействием [3, 7, 20].

Многочисленные данные экспериментальных и медицинских исследований убедительно показывают, что систематическое воздействие ЭМП определенных уровней может вызывать функциональные расстройства нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной и других систем. Установлено отрицательное влияние данного фактора и на половую функцию, гематологические показатели, показана способность ЭМП к снижению иммунологической реактивности организма, уменьшению его адаптивных резервов и увеличению риска заболеваний, а также возможность генетических и онкологических эффектов [4, 5, 17, 19].

Экспериментальные и теоретические исследования в области электромагнитобиологии показывают, что из всего многообразия электромагнитных факторов наиболее выраженное биологическое действие имеют импульсы электромагнитных полей (иЭМП), воздействие которых на организм может проявляться как непосредственно на субклеточном и клеточном уровнях, влияя на репродуктивный цикл и биохимические процессы, так и опосредованно, реализуя свои эффекты через критические системы, обладающие чувствительностью к электромагнитному излучению, а также приводя к изменениям относительного динамического постоянства внутренней среды, являющимся результатом нарушений сложных координационных и регуляторных взаимоотношений, осуществляемых в целостном организме [10, 13, 18].

Установление зависимости от воздействия параметров иЭМП эпителия слизистой оболочки тощей кишки, обладающего чувствительностью и относящегося к критической клеточной популяции с высокой скоростью обновления, выражающейся в высоком уровне митотической активности как самой радиочувствительной стадии клеточного цикла, позволяет использовать его в качестве критерия поражаемости организма в целом [14].

В связи с вышеизложенным целью данного экспериментального исследования являлся анализ динамики митотической активности и поражаемости эпители-

оцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки, а также возможных прогностических последствий хронического воздействия различных параметров иЭМП.

Методы

Экспериментальная возрастная модель, выполненная на белых половозрелых лабораторных крысах-самцах (351 животное, 13 групп), составляла от 4 до 14 месяцев, и для каждого срока эксперимента был определен свой возрастной контроль. Животных подвергали воздействию редко повторяющихся широкополосных высокоамплитудных иЭМП ультракороткой длительности ($15 \div 40$ нс) на протяжении 5, 7 и 10 месяцев. Уровни воздействующих иЭМП подбирались таким образом, чтобы плотность наведенных токов (ПНТ) в теле экспериментальных животных была эквивалентна уровню в теле человека при его профессиональной деятельности и с учетом коэффициента перерасчета составила 0,37; 0,7; 0,8; 2,7 кА/м². Эта градация дает адекватную возможность проведения как интерполяции, так и экстраполяции для других уровней ПНТ. В связи со статической неопределенностью периодичности работы персонала, эксплуатирующего испытательные установки — источники электромагнитных импульсов, животные находились в свободном режиме передвижения, в условиях воздействия одноименного фактора при моделировании. Количество импульсов, подаваемых в неделю (И/н) на каждом уровне воздействия, составляло 50, 100 и 500, независимо от их дробности. Источниками, генерировавшими импульсы ЭМП, служили установки ПК-4, ОМ-20Т «Ладога-М», ПК-5.

Хронический эксперимент продолжался 10 месяцев. Экспериментальная возрастная модель для крыс соответствовала 4–14 месяцам, что эквивалентно профессиональному воздействию для персонала 22–45 лет. Эвтаназия экспериментальных и контрольных животных осуществлялась декапитацией, которая проводилась в одно и то же время суток с предварительной наркотизацией. Взятие биологического материала производили через 5, 7 и 10 месяцев воздействия иЭМП. Фрагмент тощей кишки фиксировали в растворе Беккера, после соответствующей обработки заливали в парафин и готовили продольные срединные срезы толщиной 5–6 мкм, которые окрашивали по М. Г. Шубичу с докраской гематоксилином.

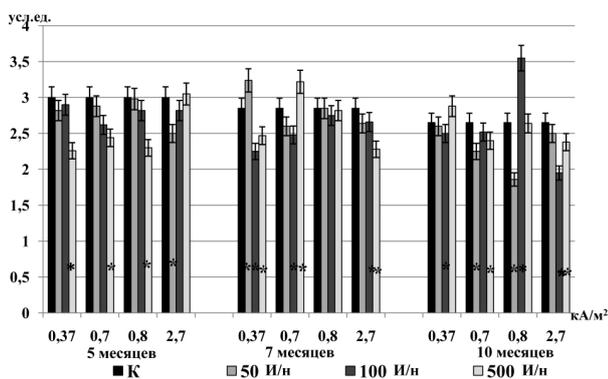
Количественную оценку и динамику обновления эпителия слизистой оболочки тощей кишки оценивали по митотической активности (МА) недифференцированных эпителиоцитов путем подсчета делящихся клеток двадцати продольных крипт с микропрепарата каждого животного ($\times 400$).

Полученные количественные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики. Для оценки достоверности различий между связанными выборками непрерывных величин при нормальном распределении применялся парный t-критерий Стьюдента.

Результаты

Исследование слизистой оболочки тощей кишки животных контрольной группы показало снижение МА энтероцитов крипт в возрастной динамике.

В условиях хронического воздействия иЭМП в изученных параметрах наблюдалось достоверное снижение интенсивности пролиферации недифференцированных эпителиоцитов с большей выраженностью при высоком значении ПНТ через 5 месяцев и через 10 при низком. Активизация пролиферации наблюдалась спустя 7 и 10 месяцев воздействия с избирательностью к параметрам иЭМП: при ПНТ 0,37 кА/м² с периодичностью 50 и 500 И/н; при ПНТ 0,7 кА/м² и 500 И/н через 7 месяцев; при ПНТ 0,8 кА/м² и 100 И/н через 10 месяцев (рисунок).



Динамика митотической активности недифференцированных эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки в условиях воздействия параметров иЭМП

Примечание. * – различия статистически значимы в сравнении с контролем при $p < 0,05$.

Эффект изменения показателей средних величин МА недифференцированных эпителиоцитов был использован для вычисления коэффициента поражаемости (Кп), который определялся логарифмической зависимостью отношения числа митотически делящихся эпителиоцитов крипт в эксперименте и контроле.

При пятимесячном воздействии показатель Кп наиболее существенно повышался за счет снижения МА с наибольшим значением при ПНТ 0,37 кА/м² по мере увеличения периодичности, а для ПНТ 0,7 и 0,8 кА/м² наблюдался обратный эффект (таблица).

При семимесячном воздействии иЭМП изменение Кп недифференцированных эпителиоцитов крипт преимущественно носило фазовый характер, увеличиваясь при 100 И/н для ПНТ 0,37 и 0,8 кА/м² и, напротив, снижаясь при 2,7 кА/м², достигая минимума при ПНТ 0,7 кА/м² с периодичностью 100 и 500 И/н.

Десятимесячное воздействие иЭМП приводило к повышению Кп эпителия по мере увеличения периодичности при ПНТ 0,37 кА/м², а при 0,8 кА/м², напротив, к существенному снижению. Изменения Кп при ПНТ 0,7 и 2,7 кА/м² были разнонаправлены и носили фазовый характер в зависимости от периодичности с минимальным значением при 100 И/н и максимальным при 50 И/н (см. таблицу).

Кроме того, в ходе обработки и сравнительного анализа результатов эксперимента были установлены «амплитудно-частотные окна», которые проявлялись в отсутствии изменений МА недифференцированных эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки по отношению к контрольным показателям, служащих проявлением их возможной толерантности к определенному комплексному воздействию некоторых параметров иЭМП и регистрируемых при ПНТ 0,8 кА/м² с периодичностью 50 и 500 И/н при семи- и десятимесячном воздействии соответственно.

При прогностическом моделировании показателей МА недифференцированных эпителиоцитов в условиях воздействия иЭМП с ПНТ 0,7 кА/м² и периодичностью 50 И/н и ПНТ 2,7 кА/м² при 100 И/н наблюдалось существенное снижение пролиферативной активности в динамике прогноза. При ПНТ 0,37 и 0,8 кА/м², напротив, происходило ее повышение с достоверными значениями при периодичности 500 и 100 И/н соответственно.

Обсуждение результатов

С точки зрения медицины и магнитобиологии в настоящее время уже не вызывает сомнений тот факт, что ЭМП естественного и антропогенного происхождения следует рассматривать как один из важнейших экологических факторов, а проведенный анализ многочисленных экспериментальных работ показывает, что ЭМП является биоэффективным экологическим фактором для всех элементов биоэкосистем от человека до простейших, который при

Динамика коэффициента поражаемости эпителиоцитов по степени выраженности

Плотность наведенных токов (кА/м ²)											
0,37			0,7			0,8			2,7		
В/в	И/н	Кп	В/в	И/н	Кп	В/в	И/н	Кп	В/в	И/н	Кп
5	50	0,037	5	50	0,018	5	50	0,115	5	50	0,079
5	100	0,015	5	100	0,059	5	100	0,027	5	100	0,027
5	500	0,123	5	500	0,009	5	500	0,003	5	500	0,007
7	50	0,056	7	50	0,040	7	50	0	7	50	0,033
7	100	0,103	7	100	0,060	7	100	0,016	7	100	0,030
7	500	0,062	7	500	0,053	7	500	0,005	7	500	0,097
10	50	0,008	10	50	0,071	10	50	0,154	10	50	0,025
10	100	0,025	10	100	0,022	10	100	0,127	10	100	0,133
10	500	0,036	10	500	0,043	10	500	0	10	500	0,047

Примечание. В/в – время воздействия (мес); И/н – импульсов в неделю; Кп – коэффициент поражаемости.

определенных совокупностях параметров и длительности экспозиции становится фактором риска и с неизбежностью ведет к серьезной экологической проблеме электромагнитного фона, в который погружены существование и деятельность человека [2, 8, 15].

Органы и системы организма по-разному реагируют на воздействие магнитного поля, при этом избирательность ответной реакции организма зависит от электрических и магнитных свойств тканей, их различия в микроциркуляции, интенсивности метаболизма и пролиферативных способностей, что обусловило выбор объекта данного исследования, так как слизистая оболочка тощей кишки, обеспечивающая всасывательно-пищеварительную функцию, важнейшим морфологическим эквивалентом которой является эпителий системы ворсинка — крипта, относимый к обновляющимся клеточным популяциям, априорно принадлежит к радиочувствительным тканям [4, 5, 10].

В работах А. Я. Должанова и соавт. [6] показано, что облучение ЭМП низкой интенсивности вызывает фазовые изменения МА эпителия крипт тощей кишки крыс, которые носили явно выраженный адаптивный характер, поскольку после прекращения электромагнитного воздействия количество митозов возвращалось к норме.

Изменение МА малодифференцированных энтероцитов крипт наблюдалось и у животных, испытывающих общее воздействие переменных ЭМП на протяжении 3, 7, 14, 21 и 28 суток с плотностью потока 1,5 мкТл и частотой 150 ГГц, от существенного снижения на 3-и сутки до резкого повышения по отношению к контролю на 7-е сутки с последующим сохранением данного значения на 14-е, 21-е сутки, с достижением максимального значения на 28-е сутки [11].

В проведенном исследовании на чувствительность недифференцированных эпителиоцитов из совокупности действующих факторов иЭМП наиболее достоверно влияли только продолжительность действия и ПНТ, которые имели обратные эффекты по отношению к интенсивности пролиферации. Наряду с этим регистрируемое уменьшение МА в данной клеточной популяции сопровождалось снижением высоты клеток эпителиального пласта и увеличением его протяженности, служащими свидетельством их адаптивной реакции. Наблюдаемую очаговую гипертрофию ворсинок и пролиферацию эпителия при воздействии некоторых параметров иЭМП можно объяснить компенсаторной реакцией в ответ на действие сверхсильного повреждающего фактора.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволили оценить изменения пролиферативной активности и поражаемости чувствительной клеточной популяции недифференцированных эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки в условиях воздействия различных параметров иЭМП, выявить проявления защитно-приспособительных реакций в хронодинамике эксперимента, оценить компенсаторные возможности, а также установить возможные

проявления толерантности для отдельных параметров иЭМП. Анализ результатов исследования в хронобиологическом аспекте профессиональной деятельности позволяет проследить динамику изучаемой системы и отражает реально существующие уровни проявления неблагоприятного воздействия иЭМП. Установление зависимости между совокупностью изучаемых параметров с соотносимыми морфологическими признаками отклика и последующей экстраполяцией полученных результатов с биообъектов на человека позволит оценить степень поражаемости органов и риск хронического облучения. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для разработки профилактических мер по обеспечению экологической безопасности контакта человека с ЭМП, а также контроля его источников с целью регулирования электромагнитного загрязнения окружающей среды.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Макарова И. И. Магнитное поле Земли и организм человека // Экология человека. 2005. № 9. С. 3–9.
2. Бузов А. Л., Кольчугин Ю. И., Пальцев Ю. П., Романов В. А. Санитарная паспортизация передающих радиотехнических объектов радиочастотного диапазона по электромагнитному фактору // Медицина труда и промышленная экология. 2004. № 5. С. 39–43.
3. Григорьев Ю. Г., Григорьев О. А., Иванов А. А., Лягинская А. М., Меркулов А. В., Степанов В. С. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50 (1). С. 6–14.
4. Григорьев Ю. Г., Григорьев О. А., Степанов В. С., Меркулов А. В. Электромагнитные поля и здоровье человека М.: Изд-во РУДН, 2002. 177 с.
5. Грязев М. В., Куротченко Л. В., Куротченко С. П., Луценко Ю. А., Субботина Т. И., Хадарцев А. А. Экспериментальная магнитобиология: воздействие полей сложной структуры. М.; Тверь; Тула: Триада, 2007. 112 с.
6. Должанов А. Я. Митотическая активность эпителия тощей кишки крыс при воздействии электромагнитного фактора // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колонопроктологии. 2003. Т. 5, № 5. С. 135.
7. Кострюкова Н. К., Гудков А. Б., Карпин В. А., Лавкина Е. С. Биологические эффекты сверхслабых магнитных полей // Экология человека. 2004. № 3. С. 55–59.
8. 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.
9. Мельниченко П. И., Ушаков И. Б., Попов В. И., Фаустов А. С., Вязовиченко Ю. Е., Датий А. В., Соколова Н. В. Гигиена. М.: Высшая школа, 2006. 400 с.
10. Патогенные воздействия неионизирующих излучений на организм человека / под ред. А. А. Хадарцева и А. А. Яшина. М.; Тверь; Тула: Триада, 2007. 160 с.
11. Слюсарева О. А., Степанов Д. С., Воронцова З. А., Ельчанинов А. В. Обновляющиеся и растущие популяции в условиях воздействия переменных электромагнитных полей // Тезисы IV Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб., 2006. С. 124.

12. Ушаков И. Б., Турзин П. С., Агаджанян Н. А., Попов В. И., Чубирко М. И., Фаустов А. С. Экология человека и профилактическая медицина. Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2001. 488 с.

13. Хадартцев А. А., Воронцова З. А., Есауленко И. Э., Дедов В. И., Гонтарев С. Н., Попов С. С., Свиридова О. А. Морфофункциональные соотношения при воздействии импульсных электромагнитных полей. Тула; Белгород, 2012. 120 с.

14. Шандала М. Г., Зуев В. Г., Ушаков И. Б., Попов В. И. Справочник по электромагнитной безопасности работающих и населения. Воронеж: Истоки, 1998. 82 с.

15. Шарохина А. В. Электромагнитное поле в быту // Первая Всероссийская молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»: материалы докладов. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т., 2006. Т. 2. С. 161–163.

16. Bienkowski P., Trzaska H. Electromagnetic Measurements in the Near Field // Second Revised / Ed. SciTech Publishing, Inc. Raleigh, NC, 2010. 49 p.

17. Black D. R., Heynick L. N. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions // Bioelectromagnetics. 2003. Suppl. 6. P. 187–195.

18. Hallberg O., Oberfeld G. Electromagnetic fields and the essence of living systems // Electromagnetic Biol. Med. 2006. P. 189–191.

19. Jauchem J. R. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature // Int. J. Hyg. Environ. Health. 2008. Vol. 211, N 1–2. P. 1–29.

20. Johansson O. Aspects of studies on the functional impairment electrohypersensitivity // Int. conf. «Electromagnetic fields and health - a global issue». London, 2008. P. 31–34.

References

1. Agadzhanian N. A., Makarova I. I. Magnetic field of the Earth and the human body. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2005, 9, pp. 3-9. [in Russian]

2. Buzov A. L., Kol'chugin Yu. I., Pal'tsev Yu. P., Romanov V. A. Sanitary certification of the transferring radio engineering objects of radio-frequency range on an electromagnetic factor. *Medsina truda i promyshlennaia ekologiia*. 2004, 5, pp. 39-43. [in Russian]

3. Grigor'ev Yu. G., Grigor'ev O. A., Ivanov A. A., Lyaginskaya A. M., Merkulov A. V., Stepanov V. S. *Radiatsionnaya biologiya, radioecologiya / Rossiiskaia akademiia nauk*. 2010, 50 (1), pp. 6-14. [in Russian]

4. Grigor'ev Yu. G., Grigor'ev O. A., Stepanov V. S., Merkulov A. V. *Elektromagnitnye polya i zdorov'ye cheloveka* [Electromagnetic fields and human health]. Moscow, 2002, 177 p.

5. Gryazev M. V., Kurotchenko L. V., Kurotchenko S. P., Lutsenko Yu. A., Subbotina T. I., Khadartsev A. A. *Eksperimental'naya magnitobiologiya: vozdeistvie polei slozhnoi struktury* [Experimental magnitobiology: influence of fields of difficult structure]. Moscow, Tver, Tula, Triada Publ., 2007, 112 p.

6. Dolzhanov A. Ya. Mitotic activity of the epithelium of the jejunum of rats under the influence of an electromagnetic factor. *Rossiiskii zhurnal gastroenterologii, gepatologii, kolonoproktologii* [Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Colonoproctology]. 2003, 5, pp. 135. [in Russian]

7. 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]

8. 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]

9. Mel'nicenko P. I., Ushakov I. B., Popov V. I., Faustov A. S., Vyazovichenko Yu. E., Datii A. V., Sokolova N. V. *Gigiena* [Hygiene]. Moscow, 2006, 400 p.

10. *Patogennyye vozdeistviya neioniziruyushchikh izlucheni na organizm cheloveka* [Pathogenic effects of non-ionizing radiation on the human body]. Eds.: A. A. Khadartsev, A. A. Yashin. Moscow, Tver, Tula, Triada Publ., 2007, 160 p.

11. Slyusareva O. A., Stepanov D. S., Vorontsova Z. A., El'chaninov A. V. Renewing and growing populations under the influence of alternating electromagnetic fields. In: *Tezisy IV Mezhdunarodnogo kongressa "Slabye i sverkhslabye polya i izlucheniya v biologii i meditsine"* [Abstracts of IV International Congress "Weak and superweak fields and radiation in biology and medicine"]. Saint Petersburg, 2006, p. 124.

12. Ushakov I. B., Turzin P. S., Agadzhanian N. A., Popov V. I., Chubirko M. I., Faustov A. S. *Ekologiya cheloveka i profilakticheskaya meditsina* [Human ecology and preventive medicine]. Voronezh, 2001, 488 p.

13. Khadartsev A. A., Vorontsova Z. A., Esaulenko I. E., Dedov V. I., Gontarev S. N., Popov S. S., Sviridova O. A. *Morfofunktional'nye sootnosheniya pri vozdeistvii impul'snykh elektromagnitnykh polei* [Morphofunctional relations under the action of pulsed electromagnetic fields]. Tula, Belgorod, 2012, 120 p.

14. Shandala M. G., Zuev V. G., Ushakov I. B., Popov V. I. *Spravochnik po elektromagnitnoi bezopasnosti rabotayushchikh i naseleniya* [Handbook of electromagnetic safety of workers and the public]. Voronezh, 1998, 82 p.

15. Sharokhina A. V. Electromagnetic field in everyday life. In: *Pervaya Vserossiiskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya "Tinchurinskie chteniya", materialy dokladov* [Proceedings of the reports of the first Vseros. Youth scientific. Conf. "Tinchurin readings"]. Kazan, 2006, vol. 2, pp. 161-163.

16. Bienkowski P., Trzaska H. *Electromagnetic Measurements in the Near Field*. Second Revised, Ed. SciTech Publishing, Inc. Raleigh, NC, 2010, 49 p.

17. Black D.R., Heynick L.N. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. *Bioelectromagnetics*. 2003, Suppl. 6, pp. 187-195.

18. Hallberg O., Oberfeld G. Electromagnetic fields and the essence of living systems. *Electromagnetic Biol. Med.* 2006, pp. 189-191.

19. Jauchem J. R. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2008, 211 (1-2), pp. 1-29.

20. Johansson O. Aspects of studies on the functional impairment electrohypersensitivity. *Int. conf. "Electromagnetic fields and health - a global issue"*. London, 2008, pp. 31-34.

Контактная информация:

Попов Валерий Иванович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены ФГУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко» Минздрава РФ.

Адрес: 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10
E-mail: 9038504004@mail.ru