

УДК 577.3

ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шибкова Д.З., Овчинникова А.В.*ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет», Челябинск,
e-mail: shibkova2006@mail.ru*

Дан обзор отечественных и зарубежных экспериментальных, научно-исследовательских работ по влиянию электромагнитного излучения различных частотных диапазонов антропогенного происхождения, в том числе генерируемых системами мобильной сотовой связи, на биологические системы. В связи с развитием техногенной среды особую значимость приобретает исследование биологических эффектов воздействия электромагнитного излучения на объекты живой природы, которые приводят к развитию адаптационных реакций на разных стадиях развития живого организма (субклеточный, клеточный, системный, организменный). Известно, что при увеличенной мощности электромагнитного излучения влияние на системы организма (нервную, иммунную, репродуктивную, кровеносную и т.п.) может привести к недопустимым последствиям и стать причиной появления физиологических патологий, биологические механизмы возникновения которых еще во многом не изучены.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, биологические системы, уровень организации

EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON DIFFERENT LEVELS OF BIOLOGICAL SYSTEMS

Shibkova D.Z., Ovchinnikova A.V.*Chelyabinsk State Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: shibkova2006@mail.ru*

A review of domestic and foreign experimental research work on the influence of electromagnetic radiation of different frequency bands of human origin, including those generated by mobile communications systems, on biological systems. In connection with the development of man-made environment it acquires special importance study the biological effects of exposure to electromagnetic radiation to the objects of nature that lead to the development of adaptive reactions at different stages of development of a living organism (subcellular, cellular, system, organism). It is known that increasing the power of the electromagnetic radiation effect on body systems (nervous, immune, reproductive, circulatory, etc.) may lead to unacceptable consequences and lead to the emergence of physiological abnormalities, the biological mechanisms of occurrence of which is still largely unknown.

Keywords: electromagnetic radiation, biological systems, level of organization

Земная поверхность на протяжении всего своего существования подвергается естественному электромагнитному излучению (ЭМИ), которое является эволюционно сложившимся условием для нормальной жизнедеятельности живых организмов [14,16]. Установлено, что в ходе эволюционного процесса происходит изменение естественного электромагнитного фона из-за повышения уровня ЭМИ искусственного происхождения, что выходит на пределы адаптационных способностей организмов [1].

В последние десятилетия проблема электромагнитной безопасности приобрела большую социальную значимость в связи с развитием средств коммуникации: радиолокации, радиосвязи, телевидения, дистанционного наблюдения и контроля; средств электробытовой техники и лечебных аппаратов и т.п.

Рассматривая средства сотовой связи наряду с другими источниками антропогенного ЭМИ, следует отметить, что данный вид связи на сегодняшний день является одним из наиболее интенсивно развивающихся

телекоммуникационных систем и имеет отличительные характеристики: круглосуточное хроническое облучение происходит на максимальном приближении, частота и продолжительность контролируется пользователем, воздействию ЭМИ подвергается не только сам пользователь, но и окружающие его люди [7,22].

Повышенный интерес ученых к электромагнитному излучению обусловлен интенсивностью воздействия данного фактора на биологические системы. Установлено, что ЭМИ относится к тем факторам, для определения степени влияния которых необходим длительный период времени [4, 6]. Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых [4, 8, 21, 23, 31, 34, 36,37, 38] свидетельствуют о наличии эффектов воздействия ЭМИ на различные уровни организации (субклеточный, клеточный, системный, организменный). Известно, что при увеличенной мощности ЭМИ, влияние на различные системы организма (нервную, иммунную, репродуктивную, кровеносную и т.п.) может привести к недопустимым последствиям и стать причиной

появления физиологических патологий, биологические механизмы возникновения которых еще во многом не познаны [24]. В связи с этим проблема изучения реакций организма человека и животных на регулярно изменяющийся электромагнитный фон окружающей среды остается актуальной.

В настоящее время существующие данные в России и за рубежом направлены на исследование полей низких уровней интенсивности (магнитного, КВЧ, СВЧ, УВЧ) [3, 5, 8, 12–16, 18, 27, 28, 31, 32, 34, 38]. В своих исследованиях Гусев Л.И. и Даровских С.Н. выделяют, что наибольшую опасность для живого организма представляет воздействие ЭМИ с частотой 40–70 ГГц [9, 10].

Повышение урожайности, улучшение качества, создание благоприятных условий выращивания сельскохозяйственных культур, является одной из актуальных проблем сельского хозяйства. Существуют данные, что ЭМИ при разных параметрах действия оказывает как стимулирующее, так и угнетающее действие на растительный организм [3, 4, 18, 23].

В своих исследованиях авторы [18, 19] установили, что в районах прохождения ЛЭП-110 кВ под воздействием ЭМИ линий электропередач происходит уменьшение биомассы озимой пшеницы (на стадиях цветения и формирования зерна) и снижение активности антиоксидантной системы в тканях подсолнечника. При исследовании влияния ЭМИ крайневысоких частот (КВЧ) на семена *Triticum aestivum* авторы [3] отмечают изменение морфометрических признаков (увеличение листовой пластинки) при увеличении времени экспозиции. Низкочастотные электромагнитные поля (ЭМП) оказывают воздействие на всхожесть семян сои, подсолнечника и пшеницы [4].

Однако основное внимание многих исследователей сосредоточено на воздействии ЭМИ, которое приводит к значительным нарушениям физиологических функций человека и животных. Установлено, что ЭМИ радиочастотного диапазона (мобильная связь 1 ГГц) вызывает серьезные расстройства на уровне клеточной организации жизни. Экспериментальные исследования на одноклеточных гидробионтах инфузорий *S. Ambiguum* отражают влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) на снижение спонтанной двигательной активности, результат изменения не зависит от времени экспозиции и является массовым [14]. В исследованиях [3] на *D. melanogaster* показано,

что при воздействии ЭМИ КВЧ отмечается снижение продолжительности жизни объектов. Согласно литературным данным при хроническом воздействии ЭМИ оказывает влияние на митотическую активность эпителиоцитов крипты слизистой оболочки толстой кишки и сосудистого эндотелия [2, 29].

При изучении возможных последствий влияния на организм человека ЭМИ РЧ диапазона следует учитывать тот факт, что пользователь мобильного телефона сам контролирует частоту и продолжительность воздействия ЭМИ РЧ. При «дозвоне» и во время разговора мобильный телефон (МТ) излучает ЭМП РЧ и импульсивное магнитное поле, которые оказывают непосредственное влияние на головной мозг и нервную систему в целом [7, 22]. Установлено, что в режиме «дозвона» и во время разговора излучение мобильного телефона вызывает увеличение амплитудных колебаний электрогенеза головного мозга [20].

Воздействие ЭМИ мм-диапазона в экспериментах [5] проявилось в появлении устойчивых однонаправленных изменений биоэлектрической активности мозговых структур. Существуют фундаментальные данные, доказывающие, что действие ЭМП РЧ на организм человека происходит через нервную систему [5, 8, 20, 31]. Нервная система тесно связана с эндокринной и иммунной системами и представляет собой единую нейро-эндокринно-иммунную регуляторную систему. Экспериментальные данные, представленные в работах [11] по изучению реакций центральной нервной системы на кратковременные (5 мин) воздействия ЭМП дециметрового диапазона, отражают достоверный нейротропный эффект, который сохраняется в течении 10 минут после экспозиции, а также отмечается снижение поведенческой реакции экспериментальных животных. Показано, что острые воздействия на экспериментальных животных переменного магнитного поля вызывают нарушения врожденного поведения [12], а влияние низкочастотных ЭМП способствует появлению у мышей поведенческих навыков [14].

Известно, что в организме существует защитная система, эффекторами которой являются органы иммуногенеза. В исследованиях [11, 31, 32] отмечается ответная реакция иммунной системы на воздействие ЭМИ РЧ: изменение массы, объема селезенки и тимуса. В ходе исследования адаптации разных систем организма на систематическое воздействие ЭМИ РЧ

(частота 925 МГц) [17] было установлено, что у крыс наблюдается отставание в наборе массы тела и уменьшение относительной массы органов: тимус, надпочечник, печень. Прогрессирующее снижение массы, объема и функциональной активности тимуса является стереотипным ответом вилочковой железы на различные неблагоприятные воздействия [32].

Известно, что под действием экстремальных условий в организме развиваются адаптивные реакции, которые во многом определяются состоянием системы крови, так как ее значение не ограничено выполнением определенных функций организма [32].

Исследования [14,28] отражают, что при однократном воздействии ЭМП РЧ диапазона с частотой 925 МГц на организм млекопитающих повышается частота клеток с микроядрами в культуре лимфоцитов периферической крови и частота эритроцитов с микроядрами в костном мозге у мышей при однократном воздействии; отмечается увеличение количества ядродержащих клеток и ускорение созревания эритроцитов в костном мозге.

В период физиологически протекающей беременности под действием ЭМП РЧ развиваются компенсаторно-приспособительные реакции: повышается число лейкоцитов и эритроцитов в периферической крови, изменяется масса кроветворных органов (масса тимуса – снижается; масса селезенки – увеличивается), что сопровождается снижением ядерных клеток в селезенке и увеличением бластных клеток в тимусе [30]. Колбасин П.Н. и соавт. (2013) изучили влияние ЭМИ устройств мобильной связи на седиментацию эритроцитов, в ходе их работы было выявлено снижение скорости оседания эритроцитов при воздействии на эритромассу ЭМП с частотой 1800 МГц, мощностью 1 Вт/см² [13]. Установлено, что воздействие ЭМИ РЧ на кровеносную систему вызывает снижение уровня гемоглобина, количества эритроцитов в периферической крови, увеличение количества ЯСК, изменение клеточного метаболизма лейкоцитов, снижение коэффициента полихроматофильных и нормохроматофильных эритроцитов, увеличение доли делящихся клеток [21, 30, 31, 32, 34, 38].

В настоящее время наибольший интерес ученых вызывает изучение отдаленных последствий влияния ЭМИ на организм человека, которое может проявиться через поколения, так как значительную долю среди

пользователей источников ЭМИ составляют дети в подростковом возрасте.

В экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных ученых при воздействии ЭМП РЧ были выявлены реакции со стороны репродуктивной системы, которые характеризовались нарушением сперматогенеза, угнетением эмбриогенеза, снижением жизнеспособности потомства, формированием мутаций и полным прекращением репродуктивной функции у половозрелых животных [19, 27, 30, 33–35, 39]. В своих исследованиях автор [15] отражает отдаленный эффект воздействия ЭМП РЧ, который проявляется в снижении числа активно подвижных сперматозоидов через 4 недели после облучения.

Исследования, проведенные группой Субботиной и Яшина [25, 26], выявили достоверное снижение количества новорожденных мышей, повышение доли самцов в помете. Полученные данные подтверждаются в последующих работах Прякина Е.А. [21], Кузнецовой М.Г. [15], Шилковой Т.В. [30] и др.

Таким образом, многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых указывают на массовое распространение источников ЭМИ различных диапазонов, которые приводят к развитию адаптационных реакций в организме человека и животных на всех уровнях организации живой природы.

Список литературы

1. Василевский Н.Н. Экологическая физиология мозга. – Л.: Медицина, 1993. – 200 с.
2. Воронцова З.А. Динамика изменений митотической активности эпителия при воздействии импульсно-периодического электромагнитного поля в хроническом эксперименте // 9-й Международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 592–593.
3. Бабкина В.В. Эколого-биологические особенности динамики признаков *drosophila melanogaster* и *triticum aestivum* в зависимости от дозы квч-излучения // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 4(1). – С. 162–168.
4. Барышев М.Г. Исследование низкочастотного электромагнитного поля на биологические объекты [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p132-d.htm> (дата обращения: 28.06.2015).
5. Булгаков Б.М. Живая материя в электромагнитных полях техногенного происхождения [Электронный ресурс]. – URL: http://naukainform.kpi.ua/CriMiCo/Crimico/2003/080_082.pdf (дата обращения: 06.04.2015).
6. Гордиенко В.А. Физические поля и безопасность жизнедеятельности. – М.: Астрель, 2006. – 320 с.
7. Григорьев Ю.Г. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента). Сообщение 1. Мобильная связь и изменения электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов // Ради-

- ационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50, № 1. – С. 5–11.
8. Григорьев Ю.Г. Отдаленные эффекты хронического воздействия неионизирующего излучения и электромагнитных полей применительно гигиеническому нормированию // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2003. – Т. 43, № 5. – С. 565–578.
9. Гусев Л.И. Воздействие на организм электромагнитного излучения и современные методики лечения последствий неионизирующих электромагнитных излучений от радиолокационных станций [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lupanogranat.ru/Vozdeistvie_na_organism_emi.pdf (дата обращения: 02.03.2014).
10. Даровских С.Н. Принципы построения и аппаратно-программные средства управления гомеостазом организма с помощью электромагнитных излучений микроволнового диапазона // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – № 23. – С. 75–82.
11. Жаворонков Л.П. Экспериментальное изучение стрессорных реакций организма на микроволновое излучение малых энергий // Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. – 2006. – Вып. 9. – С. 690–695.
12. Жарова Л.Т. Новый автоматизированный метод оценки нарушений реализации врожденного поведения крыс в условиях воздействия переменного магнитного поля // VI Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозоология, радиационная безопасность): тезисы докладов. Т. II (секции VIII–XIV). – М.: РУДН, 2010. – 214 с.
13. Колбасин Н.П. Влияние электромагнитного излучения средств мобильной связи на морфологическую структуру эритроцитов человека // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – Т. 16, № 1, ч. 2. – С. 82–84.
14. Круглик О.В. Реакция организма здоровых животных и животных с асцитной карциномой Эрлиха на воздействие сверхвысокочастотного электромагнитного излучения: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск. 2014. – 118 с.
15. Кузнецова М.Г. Влияние микроволнового излучения низкой интенсивности на функциональные показатели сперматозоидов самцов крыс // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8. – С. 43–44.
16. Кураев Г.А. Влияние электромагнитных излучений персональных компьютеров на организм человека // Вестник Томского государственного университета. – 2000. – № 269. – С. 8–14.
17. Мороз Г.А. Изменение массы тела и органов разных систем организма при адаптации к систематическому воздействию электромагнитного излучения // Украинский морфологический сборник. – 2013. – Т. 11, № 1. – С. 124–125.
18. Мичурина Н.Ю. Влияние электромагнитного поля ЛЭП-110 кВ на биомассу озимой пшеницы // Вестник СамГУ. Естественная серия. – 2005. – № 2 (36). – С. 250–253.
19. Новичкова Е.А. Анализ действия электромагнитного излучения ЛЭП на активность ферментов антиоксидантной защиты в тканях подсолнечника на разных этапах вегетации // Вестник СамГУ. – 2009. – № 4(70). – С. 183–191.
20. Побаченко С.В. Особенности влияния электромагнитных излучений систем мобильной связи на электрогенез мозга человека // 9-й Международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 557–560.
21. Пряхин Е.А. Адаптационные реакции при воздействии факторов электромагнитной природы: Автореф. дис. докт. биол. наук. – Челябинск, 2007. – 52 с.
22. Пряхин Е.А. Влияние ионизирующих электромагнитных излучений на животных и человека: монография. – Челябинск, 2007. – 220 с.
23. Пряхин Е.А. Оценка биологических эффектов электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с личной пространственной поляризационной структурой // Вестник ЧГПУ. – 2005. – № 7. – С. 166–174.
24. Субботина Т.И. Повреждающее воздействие на организм электромагнитного излучения с длиной волны 30 см («Лэмбовская частота») // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 1. – С. 149–151.
25. Субботина Т.И. Экспериментальное исследование воздействия на репродуктивную функцию мышей высокочастотного нетеплового электромагнитного излучения // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 1. – С. 154–155.
26. Субботина Т.И. Экспериментальный канцерогенез в потомстве животных при облучении низкоинтенсивным КВЧ-полем // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 1. – С. 157–158.
27. Субботина Т.И. Изменения в сперматогенезе млекопитающих при воздействии низкоинтенсивного КВЧ-излучения // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 1. – С. 158–160.
28. Тряпицина Г.А. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на состояние кровеносной системы у мышей // Вестник Челябинского государственного университета. – 2008. – № 4. – С. 88–90.
29. Чужан Е.Н. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на функциональную активность микрососудистого эндотелия // Таврический медико-биологический вестник. – 2012. – Т. 15, № 1(57). – С. 348–350.
30. Шилкова Т.В. Влияние электромагнитного поля радиочастотного диапазона на репродуктивную функцию и морфофункциональное состояние потомства экспериментальных животных // Современная физиология: от клеточно-молекулярной до интегративной – основа здоровья и долголетия: материалы VII Съезда Казахского физиологического общества с международным участием (Республика Казахстан, г. Алматы, 14–16 сентября 2011 г.). Алматы, 2011. – С. 300–301.
31. Шилкова Т.В. Особенности действия электромагнитного поля дециметрового диапазона на систему крови экспериментальных животных в период беременности // Вестник ЧГПУ. – 2011. – № 7. – С. 335–342.
32. Шибкова Д.З. Общие закономерности структурно-функционального обеспечения гомеостаза в норме и при воздействии на организм ионизирующего излучения // Вестник ЧГПУ. – 1999. – Серия 4, № 3. – С. 7–53.
33. Akdag M.Z. Effect of chronic low-intensity microwave radiation on sperm count, sperm morphology, and testicular and epididymal tissues of rats // Electro- and Magnetobid. – 1999. – № 2. – P. 133–145.
34. Esmekaya M.A. 900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues // Esmekaya M.A., Ozer C., Seyhan N. // General physiology and biophysics. – 2011. – Vol. 30, № 1. – P. 84–89.
35. Jyoti Paramdeep Singh // International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET). – 2013. – Volume 2. Issue 6. – P. 2173–2176.
36. Höytö A. Proliferation, oxidative stress and cell death in cells exposed to 872 MHz radiofrequency radiation and oxidants // Radiation Research. – 2008. – Vol. 170, № 2. – P. 235–243.
37. Hanci H. Can prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field affect the morphology of the spleen and thymus, and alter biomarkers of oxidative damage in 21-day-old male rats // Biotech Histochem. – 2015. [Epub ahead of print].
38. Ramezani Vishki F. Study of Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation on Biochemical Changes In Satureja Bachtarica L // International journal of scientific & technology research. – 2012. – volume 1, issue 7.
39. Zhang Y. Effects of fetal microwave radiation exposure on offspring behavior in mice // J Radiat Res. – 2014. Oct 30. pii: rru097. [Epub ahead of print].