

**Ежегодник
Российского национального
комитета по защите от
неионизирующих излучений**



Москва 2012

ЕЖЕГОДНИК-2011
Российского Национального
Комитета по защите от
неионизирующих излучений

ANNUAL BOOK - 2011
Russian National Committee on
Non-Ionizing Radiation Protection

Москва
2012

Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений за 2011 год // Сборник трудов. М.: Изд-во ФГБУ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2012. — 175 с.

Седьмое издание Ежегодника Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) включает статьи, подготовленные членами РНКЗНИ и приглашенными авторами в 2011 году.

Издание выпускается согласно решению РНКЗНИ от 03 марта 2011 года

Материалы, представленные авторами не редактировались и их точка зрения на проблему сохранена.

Ответственный за выпуск: Григорьев О.А., заместитель Председателя Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений

Финансовая и организационная поддержка издания:
ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России
ООО «Центр электромагнитной безопасности»

© Авторы статей, 2011

© Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2011

© ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, ООО «Центр электромагнитной безопасности»

© Обложка - художник С.В. Марченко

ОГЛАВЛЕНИЕ

Формирование научной базы для оценки влияния ЭМП сотовой связи на здоровье - важнейшие данные 2011 года <i>Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А.</i>	7
ЭМП нетеплового уровня как неспецифический раздражитель для центральной нервной системы <i>Лукьянова С.Н.</i>	13
Нейрофармакологический анализ механизмов модифицирующего действия ЭМП низкой интенсивности на функциональное состояние ЦНС <i>Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И., Посадская В.М.</i>	28
Анализ современного состояния техники и технологии нанозлектропорации применительно к терапии онкологических заболеваний <i>Григорьев О.А., Меркулов А.В., Степанов В.С., Прокофьева А.С.</i>	41
Об исследованиях биологического действия пульсаций геомагнитного поля <i>Труханов К.А.</i>	49
Гипогеомагнитные поля как неблагоприятный фактор производственной среды и среды обитания. Итоги и перспективы исследований <i>Походзей Л.В., Пальцев Ю.,П., Рубцова Н.Б.</i>	54
Влияние моделируемых гипогеомагнитных условий дальнего космоса на развитие эмбрионов японского перепела <i>Труханов К.А., Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Круглов О.С., Лебедев В.М., Спасский А.В.</i>	64
Новые подходы к нормированию длительного действия ЭМП РЧ нетепловых интенсивностей с учетом комплексного действия ряда физических и химических факторов среды с использованием количественных показателей для описания состояния функциональных систем, компенсаторных резервов и устойчивости организма <i>Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г., Васин А.Л., Татаркин С.В.</i>	73

Анализ опыта информационного обеспечения населения в области электромагнитной безопасности – от санитарного просвещения к формированию культуры безопасного использования источников ЭМП <i>Григорьев О.А., Марченко С.В.</i>	96
Электромагнитная обстановка на рабочих местах с ПЭВМ. Проблемы безопасности персонала <i>Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Нечепоренко Э.Ю., Воршевский А.А., Агафонов А. М.</i>	102
Носимые источники электромагнитных полей систем передачи данных и возможные биологические эффекты <i>Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Калиничева Е.В.</i>	107
Биоэкосреда и техногенные электромагнитные поля (Результаты модельных экспериментов на гидробионтах – к оценке опасности) <i>Иголкина Ю.В., Сарапульцева Е.И., Литовченко А.В., Игнатенко Г.К., Козьмин Г.В., Григорьев Ю.Г.</i>	119
Значение световой среды в сохранении здоровья и работоспособности персонала при работе с компьютерами. <i>Калинина И., Никитина В.Н.</i>	134
Дополнительное специальное образование по курсу "Гигиена неионизирующих излучений": программа и организация процесса обучения <i>Алексеева В.А., Григорьев О.А.</i>	140
Дополнительные материалы	
Решение по детям - 2008	147
Решение по детям - 2011	149
Текущая информация о Комитете	155
 SCIENTIFIC BASIS FOR EVALUATION OF HEALTH RISKS OF MOBILE COMMUNICATION EMF EXPOSURE - IMPORTANT INFORMATION OF 2011 <i>Yuri Grigoriev, Oleg Grigoriev</i>	 7
 NON-THERMAL LEVELS EMF AS NONSPECIFIC STIMULUS FOR CENTRAL NERVOUS SYSTEM <i>Svetlana Lukyanova</i>	 13

NEUROPHARMACOLOGICAL ANALYSIS OF POSSIBLE MECHANISMS OF THE MODIFICATION ACTION OF LOW INTENSITY EMR ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE CNS	28
<i>Zhavoronkov L.P., Dubovick B.V., Pavlova L.N., Kolganova O.I., Posadskaya V.M.</i>	
ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF TECHNOLOGY FOR THE CANCER TREATMENT USING ELECTROPORATION WITH NANOSECOND PULSES	41
<i>Oleg Grigoriev, Anton Merkulov, Vladimir Stepanov, Anastasiya Prokofieva</i>	
ABOUT RESEARCHES OF GEOMAGNETIC PULSATIONS BIOLOGICAL EFFECTS	49
<i>Trukhanov K.A.</i>	
HYPOGEOMAGNETIC FIELD BIOLOGICAL EFFECTS INVESTIGATION AND HYGIENIC STANDARDIZATION. RESULTS AND PROSPECTS	54
<i>L.V.POKHODZEY, YU.P.PALTSEV, N.B.RUBTSOVA</i>	
INFLUENCE OF SIMULATED HYPOMAGNETIC CONDITIONS OF DEEP SPACE ON EMBRYO DEVELOPMENT OF THE JAPANESE QUAIL	64
<i>Trukhanov K.A., Gurieva T.S., Dadasheva O.A., Kruglov O.S., Lebedev V.M., Spassky A.V.</i>	
NEW APPROACHES TO STANDARDIZATION FOR LONGTERM EXPOSURE OF NONTHERMAL SUPERHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AND OTHER PHYSICAL AND CHIMICAL FACTORS WITH USE OF QUANTITATY INDICATORS FOR THE DESCRIPTION OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS STATE, COMPENSATORY RESERVES AND STABILITY OF THE ORGANISM	73
<i>A.V. Shafirkin, Yu.G. Grigoriev, A.L. Vasin, S.V. Tatarkin</i>	
ANALYSIS OF EXPERIENCE TO INFORM THE PUBLIC ON ELECTROMAGNETIC SAFETY - FROM HEALTH EDUCATION TO PROMOTE A CULTURE OF SAFE USE OF SOURCES OF EMF	96
<i>Oleg Grigoriev, Svetlana Marchenko</i>	

ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT AT THE WORKPLACES WITH PC. SAFETY PROBLEMS OF THE PERSONNEL <i>V.N.Nikitina, G.G.Lyashko, N.I.Kalinina, E.Y. Necheporenko, A.A. Worshevsky, A.M. Agafonov</i>	102
MOBILE COMMUNICATIVE SOURCES ELECTROMAGNETIC FIELDS. POSSIBLE BIOLOGICAL EFFECTS. <i>Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Kalinicheva E.V.</i>	107
ENVIRONMENTAL AND TECHNOGENIC ELECTROMAGNETIC FIELDS (RESULTS OF MODEL EXPERIMENTS WITH AQUATIC ORGANISMS - TO RISK ASSESSMENT) <i>Igolkina J.V., Sarapultseva E.I., Litovchenko, A.V., Ignatenko, G.K., Kozmin G.V., Grigoriev Y. G.</i>	119
SIGNIFICANCE OF LIGHT ENVIRONMENT FOR PRESERVATION OF HEALTH AND LABOR EFFICIENCY OF PERSONNEL WORKING WITH COMPUTERS <i>N.I. Kalinina, V.N.Nikitina</i>	134
THE EDUCATION COURSE "HYGIENE FOR NON-IONIZING RADIATION": THE PROGRAM AND THE LEARNING PROCESS <i>Victoria Alekseeva, Oleg Grigoriev</i>	140

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭМП СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ЗДОРОВЬЕ - ВАЖНЕЙШИЕ ДАННЫЕ 2011 ГОДА

Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Центр электромагнитной безопасности

К настоящему времени развитие и технические возможности подвижной связи перешагнули потребности людей делать простые телефонные звонки – промышленность и политики планируют массовое развитие подвижного широкополосного доступа. По мнению Международного телекоммуникационного союза, "широкополосная связь представляет собой следующий переломный момент, следующую технологию действительно преобразующего характера. Она может создавать рабочие места, служить движущей силой развития и повышения производительности, а также лежать в основе экономической конкурентоспособности в долгосрочной перспективе". Этот тезис международного координатора в области развития связи подчеркивает серьезность перспектив многолетнего использования подвижной радиосвязи и показывает устойчивость тренда на дальнейшее усложнение электромагнитной обстановки в окружающей среде, вызванного количественным увеличением источников и усложнением режима их работы, что уже привело к качественным изменениям в условиях индивидуальной экспозиции населения электромагнитным полем.

По данным Международного союза электросвязи (МСЭ), в настоящее время 90% населения мира имеют доступ к сетям подвижной связи, а значит, проживают на территориях, "покрытых" ЭМП базовых станций. Численность подписчиков услуг подвижной радиосвязи (владельцев sim-карт) перешагнуло за 5,5 миллиардов человек в мире.



Рисунок 1 - Рост числа абонентов мобильной связи в мире, источник – Международный телекоммуникационный союз, 2011 год.



Рисунок 2 - Рост числа абонентов мобильной связи в России, источник – Международный телекоммуникационный союз, 2011 год.

В России количество подписчиков подвижной связи в мае 2011 года составило 222 млн 140 тысяч, то есть уровень проникновения подвижной сотовой связи составил 153%, при этом проникновение сотовой связи в Москве составило 207,4%, в Санкт-Петербурге соответственно - 205,3%, в регионах РФ - 142,7% . Очевидно, что каждый подписчик подвижной связи использует абонентский терминал - сотовый телефон.

В настоящем сообщении мы остановимся на нескольких, ключевых, на наш взгляд, решениях 2011 года, имеющих отношение к научной оценке безопасности населения в условиях контакта с ЭМП подвижной сотовой связи.

В марте 2011 года на заседании Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ), состоявшемся в ФМБЦ имени А.И. Бурназяна обсуждалась тема влияния электромагнитного поля сотовых телефонов на здоровье детей и молодежи. В заседании приняли участие представители ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, научных институтов РАН, РАМН, Министерства обороны, Роспотребнадзора и других организаций.

В России проживает примерно 15 миллионов детей и подростков в возрасте от 5 до 19 лет и практически все они используют устройства мобильной связи.

Мобильный телефон является открытым неконтролируемым источником электромагнитного поля, которое относится к вредным для здоровья факторам. С появлением мобильной связи впервые в эволюции головной мозг человека подвергается ежедневному воздействию электромагнитного поля. Воздействие ЭМП мобильного телефона происходит в неконтролируемых условиях, без ограничения по продолжительности, времени и периодичности использования. Головной мозг ребенка находится в стадии развития, становления мыслительных функций и более уязвим к воздействию вредных факторов внешней среды, чем мозг взрослого (ВОЗ, "Памятная записка" № 3, 2003 г.). Ребенок, в силу возрастных особенностей восприятия, не может расценивать мобильный телефон как источник вредного электромагнитного поля. Головной мозг ребенка поглощает электромагнитной энергии больше, чем мозг взрослого пользователя мобильным телефоном,

у ребенка воздействию подвергается большее количество отделов мозга, в том числе ответственных за его умственное развитие.

Впервые за всю историю человечества, дети, использующие мобильную связь, наряду со взрослыми входят в группу риска здоровью от воздействия вредного электромагнитного поля радиочастотного диапазона

РНКЗНИ, начиная с 2001 года, рассматривал проблему возможного влияния ЭМП оборудования подвижной радиосвязи на детей, выражая озабоченность возможными неблагоприятными последствиями для их здоровья. Мнение Комитета учтено в действующих в России санитарных правилах СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи", пункт 6.9.

В 2008 году РНКЗНИ сформулировал прогноз ближайших и отдаленных последствий для детей, использующих мобильные радиотелефоны. По данным статистики, опубликованным в 2010 году, имеется устойчивый рост заболеваемости детей по диагнозам, отраженным в 2008 году в прогнозе РНКЗНИ как "возможные".

Прогнозировалось, в частности, возможное снижение умственных и познавательных способностей, повышение эпилептической готовности, "приобретенное слабоумие", проявление дегенерации нервных структур головного мозга. К сожалению, опубликованные в 2009-2010 годах Росстатом и ЮНИСЕФ данные статистики свидетельствуют, что, начиная с 2000 года, имеется устойчивый рост заболеваемости детей по диагнозам, отраженным в прогнозе РНКЗНИ как "возможные". Особенно обращает на себя внимание рост заболеваемости в группе молодежи в возрасте 15-19 лет (с высокой степенью вероятности большинство из них являются пользователями мобильной радиосвязи со стажем). По отношению к 2000 году на 85% выросло число заболеваний центральной нервной системы у подростков 15-17 лет, на 36% возросло количество случаев диагноза "эпилепсия, эпилептический статус", на 11% выросло число случаев констатации "легкой умственной отсталости", на 82% выросло количество заболеваний крови и нарушений иммунного статуса. В детской группе до 14 лет рост числа заболеваний крови и нарушений иммунного статуса составляет 64%, а нервной системы 58%. Число больных в возрасте 15-17 лет, которым оказывается консультативно-лечебная помощь в связи с болезнями центральной нервной системы, выросло на 72%.

В связи с этим, РНКЗНИ считает крайне актуальным исследование, которое даст ответ на вопрос: является ли достоверный рост заболеваний выполнением прогноза 2008 года по влиянию ЭМП подвижной радиосвязи на здоровье детей или рост заболеваний обусловлен иными причинами?

По мнению Всемирной организации здравоохранения, ребенок более уязвим к факторам внешней среды, ВОЗ относит к наивысшему приоритету исследования по выявлению потенциального вреда ЭМП для здоровья детей. Решение, принятое РНКЗНИ стало основой для научной позиции российской делегации ученых на конференции ВОЗ "Дети и неионизирующие излучения" в мае 2011 года.

В своем решении РНКЗНИ сформулировал базовые постулаты, которые служат научным основанием для оценки опасности ЭМП для детей и молодежи, использующих современные мобильные телефоны, вне зависимости от стандарта связи. Эти постулаты достаточны для разработки и принятия неотложных мер, которые также изложены в Решении РНКЗНИ (см. Приложение 1 и 2).

В этой связи, приобретают значимость проводимые в России уже на протяжении 5 лет наблюдения за детьми-пользователями мобильными телефонами (МТ). Авторы уделили большое внимание к индивидуальной оценке результатов, полученных у каждого ребенка.

К настоящему времени число детей, находящихся под наблюдением, достигло 196 человек (147 детей – тестовая и 66 ребенка – контрольная группа) в возрасте от 5 до 12 лет.

Были получены следующие функциональные изменения у детей – пользователей МТ, которые рассматриваются, как предварительные:

- повышенная утомляемость (39.7%)
- снижение способности к работе в школе и дома (50.7%)
- снижение устойчивости произвольного внимания (продуктивность - 14,3 %, точность 19,4%)
- ослабление смысловой памяти (точность – 19,4%; увеличение времени – 30,1%)
- изменение скорости слухо-моторной реакции (55,5%)
- нарушения фонематического восприятия (у всех детей-пользователей МТ).

Выраженность этих изменений была тем выше, чем больше нагрузка (т.е. чем больше ребенок разговаривает по мобильному телефону).

Описанные выше эффекты воздействия в отдельных случаях отражались на успешности ребенка при обучении в школе. Так выявленное возрастание числа нарушений фонематического восприятия увеличивает вероятность ошибок в речи и на письме, особенно это может быть заметно при выполнении контрольных заданий по русскому языку (диктанты, изложения и т.п.). Изменение перечисленных показателей достигало нижней границы физиологической нормы (Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Горбунова Н.В., 2011).

Считаете ли вы опасным для здоровья несовершеннолетних использование средств мобильной связи?



Рисунок 3 - Результаты опроса интернет-портала РБК (11-12 октября 2011 года)

Завершая "детскую" тему, считаем необходимым обратить внимание на состояние общественного восприятия риска влияния ЭМП сотового телефона на здоровье ребенка - только четверть опрошенных на сайте информационного агентства РБК уверены, что такого риска не существует. Данные по оценке опасности для детей достаточно хорошо коррелируют с данными опросов социологических агентств: по данным опроса ВЦИОМ, проведенного в мае 2010 года в 42 субъектах Российской Федерации, суммарная доля тех, кто согласен с тем, что сотовый телефон может негативно влиять на здоровье, составляет 73%.

Крайне важное решение приняло в мае 2011 года Международное агентство по исследованию рака ВОЗ (IARC). Это компетентная и уполномоченная структура ВОЗ вынесла заключение о том, что электромагнитное поле радиочастотного диапазона, создаваемое абонентскими терминалами сотовой подвижной радиосвязи, возможно является канцерогенным для человека, что дает основание отнести его к классу канцерогенной опасности 2В (см. Приложение 3).

В рабочую группу IARC вошел 31 специалист из 14 стран. Были обсуждены возможности возникновения отдаленных последствий для здоровья, вызванных воздействием ЭМП сотовых телефонов, в частности, вероятность увеличения риска развития

рака. Учитывая количество пользователей сотовой связи, решение по этому вопросу имеет большое значение для общественного здравоохранения. Д-р Джонатан Самет (Университет Южной Калифорнии, США), Председатель Рабочей группы, отметил, что "хотя по-прежнему идет процесс накопления данных, имеющиеся доказательства достаточно сильные, чтобы поддержать вывод и классификацию 2В. Данный вывод означает, что имеется риск, (пока еще неопределенный ясно), и поэтому мы должны внимательно изучать связь между сотовыми телефонами и риском развития рака." По мнению Директора IARC Кристофера Вилд, учитывая потенциальные последствия этой классификации и выводов рабочей группы важно, чтобы проводились дополнительные исследования для условий длительного и интенсивного использования мобильных телефонов. Материалы, на основании которых было сделано заключение, планируется представить в 102 выпуске Монографии IARC

После Решения IARC возникла новая ситуация, когда от ряда ученых и соответствующей промышленности, которые отрицали возможность развития рака у пользователей МТ, теперь требуется получения абсолютно достоверных результатов, доказывающих, что развитие опухолей мозга при длительном использовании мобильного телефона не возможно – такой вывод обуславливает исключительную ответственность с учетом Решения IARC.

Решение IARC поставило точку в этом противостоянии и поставило перед обществом социальные и этические проблемы, а перед учеными необходимость определения степени риска для населения активного использования мобильной связи. Необходим принципиально новый этап организации и проведение соответствующих исследований. К сожалению, следует отметить, что в России до сих пор не проводились соответствующие эпидемиологические исследования, а также непосредственные эксперименты по проблеме "ЭМП мобильных телефонов и рак мозга".

В середине этого года произошло значительное, хотя и несколько формальное изменение в нормативной базе, имеющей прямое отношение к санитарно-эпидемиологической оценке ЭМП абонентских терминалов подвижной сотовой радиосвязи (сотовых телефонов). Несмотря на то, что в России продолжает действовать СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190—03, решением Комиссии таможенного союза № 299 от 28 мая 2010 года введены Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору, которые применяются к подконтрольным товарам, перемещаемыми через таможенную границу.

Под юрисдикцию этого документа попадают абонентские терминалы для подвижной радиосвязи в момент перемещения таможенной границы, а как известно, подавляющее большинство этих изделий ввозится в нашу страну из других стран. Раздел 5.19 "Требования к уровням электромагнитных полей, создаваемых мобильными средствами связи" ввел некоторые отличающиеся от СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190—03 требования, а именно для основного рабочего диапазона частот средств подвижной связи 800 - 2400 МГц установлен "допустимый уровень излучения при работе на максимальной мощности" равный 3 мкВт/см^2 , при этом расстояние от средства связи до точки измерения на уровне антенны составляет 0,37 метра. Фактически очевидная терминологическая неточность в тексте цитируемого документа заменила "временный допустимый уровень" по СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190—03 равный 100 мкВт/см^2 на "допустимый уровень" в 30 раз более жесткий и соответствующий значению, которое в СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190—03 являлось "контролируемым значением" и было введено исключительно для обеспечения возможности измерений ППЭ ЭМП за пределами ближней зоны антенны. Согласно действующей в момент подготовки настоящего обзора редакции документа, "представленные нормативы рассчитаны на период работы средства связи на передачу не более 30 минут в сутки и не распространяются на лиц, моложе

18 лет, женщин в период беременности и лиц с имплантированным водителем сердечного ритма". Таким образом, если следовать строго букве вновь введенного нормативного документа, произошло очевидное ужесточение требований к ЭМП сотовых телефонов.

В данной статье мы выделили к рассмотрению несколько важных решений и направлений исследований, которые должны повлиять на развитие проблемы электромагнитной безопасности подвижной сотовой связи в 2012 году.

Литература

1. Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Горбунова Н.В. Психофизиологические показатели детей-пользователей мобильной связью. Сообщение 2. результаты четырёхлетнего мониторинга. Радиационная биология. Радиоэкология 2011, том 51, № 5, С. 617–623
2. Дети в России. 2009: Стат. сб./ЮНИСЕФ, Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2009. – 121 с.
3. Молодежь в России. 2010: Стат. сб./ЮНИСЕФ, Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2010. – 166 с.
4. Исследование мнения населения об электромагнитном излучении и стандартах сотовой связи. Отчет по данным Всероссийского опроса ВЦИОМ (Омнибус). Москва, 2010 г.
5. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). - 2-е изд., испр. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. - 707 с.

SCIENTIFIC BASIS FOR EVALUATION OF HEALTH RISKS OF MOBILE COMMUNICATION EMF EXPOSURE - IMPORTANT INFORMATION OF 2011

Yuri Grigoriev, Oleg Grigoriev

Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia
Center for Electromagnetic Safety

The article discusses the most important decisions adopted in 2011 and unrelated to the definition of the health risks of EMF mobile communication: RCNIRP's decision about the health of children and the decision of WHO IARC to classify EMF cell phones in class 2B carcinogen.

ЭМП НЕТЕПЛОВОГО УРОВНЯ КАК НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ РАЗДРАЖИТЕЛЬ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

С.Н. Лукьянова

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Эффективность ЭМП радиочастотного диапазона (РЧ) с ППЭ ≤ 500 мкВт/см² (в непрерывном режиме и в импульсе) при короткой экспозиции (≤ 30 мин) в условиях нормального функционирования биообъекта сохраняется предметом дискуссии. Однако анализ литературы и собственные многолетние экспериментальные исследования не оставляют сомнения в том, что это – полноправные раздражители для центральной нервной системы (ЦНС). Совокупность показателей (биотропные параметры и структура ЭМП, вид и состояние биообъекта, его ориентация, наличие сопутствующих раздражителей) определяет их биологическую значимость. Это могут быть раздражители: подпороговые, слабые, средней силы, сильные – даже при единых энергетических характеристиках. На организменном уровне феноменология биоэффекта ЭМП РЧ является неспецифической, соответствуя биологической значимости воздействующего фактора. Особенностью ЭМП как раздражителя ЦНС является механизм его действия, отличный от механизма адекватных стимулов и таких неадекватных как электрический ток, ионизирующее излучение. Это касается, не только первичного физико-химического уровня, но и системного, что находит свое отражение в количественных характеристиках неспецифического адаптационного ответа организма. Наше представление о биологической значимости кратковременного действия ЭМП РЧ с ППЭ ≤ 500 мкВт/см² базируется на данных литературы и результатах собственных исследований.

Обзоры литературы о влиянии ЭМП РЧ низкой интенсивности (н-и) на ЦНС неоднократно описаны. Необходимо отметить такие фундаментальные труды как монографии Ю.А. Холодова [1,2,3 и др.], З.В. Гордон [4], А.С. Пресмана [5], обзоры В.М. Савина, Н.Б. Рубцовой [6], Ю.Г. Григорьева [7] и др. Их анализ, прежде всего, подчеркивает важную роль ЦНС в реализации обсуждаемых биоэффектов на организменном уровне. Совокупность данных литературы позволяет выделить следующие особенности, важные для формирования реакции ЦНС на ЭМП нетепловых уровней.

Сведения о минимальных (пороговых) значениях ППЭ для проявления нейроэффектов приводят к выводу, что эта величина зависит от комплекса обстоятельств, связанных с параметрами и условиями облучения, анализируемым показателем и свойствами биообъекта. По показателям биоэлектрической активности головного мозга порог реакции ЦНС на ЭМП находится в интервале $2 \div 20$ мкВт/см² [2,8]. Условнорефлекторная деятельность, поведение, двигательная активность, работоспособность животных изменялись при минимальных ППЭ $100 \div 500$ мкВт/см² [9,10]. Единицы мВт/см² описаны как порог патологических изменений при н-и ЭМП [6,11]. Расчеты Г.Ф. Плеханова [12] показали: 1^{-10} - 10 мкВт/см² – порог радиочувствительности; 1 мВт/см² – порог радиопоражаемости; 100 мкВт/см² – верхняя граница информационного действия.

Зависимость нейроэффектов н-и ЭМП РЧ от параметров и условий облучения представлена во многих работах и позволяет сделать следующее резюме.

- В пределах низких энергетических значений (ППЭ ≤ 500 мкВт/см²) отсутствует прямопропорциональная зависимость биоэффекта ЭМП от ППЭ [9,13-15]. Важно отменить,

что такого же мнения придерживается и Е.Б. Бурлакова [16] относительно ионизирующей радиации, подчеркивая неспецифический характер данного явления.

- Показана важная роль ориентации биообъекта относительно плоскости поляризации с усилением эффекта в случае Е-ориентации тела животного [15,17].

- Длительность кратковременного облучения влияет на эффект. Эта величина связана с частотно-энергетическими параметрами ЭМП, подчеркивая полипараметрический характер зависимости реакции организма [18].

- Усложнение режима облучения путем: модуляции, интерметирующего характера изменения ППЭ или экспозиции, может усилить биологическую значимость ЭМП воздействия [2,3,12,19].

- Самостоятельного внимания заслуживает вопрос о роли амплитудной модуляции н-и ЭМП. Показана: бóльшая эффективность модулированного режима по сравнению с непрерывным; неоднозначность реакции ЦНС при различных частотах модуляции и возможность управлять функциональным состоянием, используя частоты, свойственные биологическим ритмам [3,7, 20-24].

- Увеличение числа варьирующих параметров ЭМП может усилить эффект. Показано, что для определенной несущей частоты существует свой оптимальный набор взаимосвязанных параметров, что обеспечивает проявление конкретной реакции организма [18].

- Функциональное состояние биообъекта влияет на эффект н-и ЭМП. Неполноценное функционирование ЦНС может усилить его вплоть до патологических проявлений [1,2,25,26].

- Комбинированное действие н-и ЭМП и фармакологических препаратов, ЭМП и факторов внешней среды – самостоятельная важная проблема (путь модификации биоэффектов), которая активно развивается российскими учеными [21,27-29].

Нейрофизиологический механизм действия н-и ЭМП РЧ на ЦНС в литературе находит свое отражение в трех основных аспектах.

1. Каким путем (непосредственно на ткань мозга, либо через периферические рецепторные зоны) осуществляется влияние ЭМП на ЦНС?
2. Какие из структур мозга наиболее чувствительны и реактивны к действию указанных факторов и как складываются внутрицентральные взаимоотношения?
3. Каково соотношение основных нервных процессов (возбуждение и торможение) в условия данных воздействий?

Проникающая способность ЭМП позволяет предполагать возможность включения ЦНС в реакцию организма в результате облучения любого из этапов классической условнорефлекторной дуги. Описаны изменения на ЭМП РЧ в интергративной деятельности мозга, отдельных анализаторах, нейронах, глиальных клетках, сосудах, нервных волокнах [1,2,5,8,11]. В условиях облучения целостного организма ответ ЦНС, скорее всего, определяется суммой прямого и рефлекторного путей влияния. Превалирование того или иного пути обусловлено локализацией воздействия, длиной волны, функциональным состоянием образований ЦНС.

Поиск структур мозга наиболее чувствительных и реактивных к действию ЭМП РЧ проводили многие исследователи [3,8,25,26,30]. Авторы единодушно делают вывод, что нет такой определенной (адекватной, специфической) структуры в мозге. Ею может быть любая из них, что определяется условиями облучения и функциональным состоянием структуры. Соотношение основных нервных процессов при развитии нейроэффектов н-и ЭМП обсуждалось в ряде обзорных публикаций [1,2,5,6]. Авторы подчеркивают зависимость превалирования торможения или возбуждения в реакции ЦНС на н-и ЭМП РЧ от

параметров, локализации облучения и состояния биообъекта. Облучение головы в условиях нормального функционирования ЦНС чаще приводило к усилению процессов торможения, тогда как облучение различных частей тела - к активации, при равных энергетических значениях. Ю.А. Холодов (1975) отмечает возможность проявления коррегирующего действия поля в условиях различных функциональных состояний, что и определяет изменение возбудимости ЦНС. Важно отметить, что изолированная нервная структура (нейронально-изолированная полоска коры головного мозга, брюшная цепочка речного рака, ганглий медицинской пиявки и т.д.) отвечала на ЭМП преимущественно торможением [1,2,8,26]. Этот факт, а так же большая величина латентного периода реакции ЦНС, бóльшие морфологические изменения в глиальных клетках, а не в нейронах – позволили Ю.А. Холодову назвать реакцию в виде торможения основной, ведущей.

Изменение возбудимости ЦНС при действии н-и ЭМП в виде усиления процессов торможения находит свое отражение в основной форме соответствующих ЭЭГ-изменений. Специально проведенное сопоставление характера данных ЭЭГ-изменений с нейрофизиологическими представлениями об их генезе показало важную роль синхронизации биоэлектрических процессов в мозге в формировании реакции ЦНС на ЭМП [31].

Повышение биологической значимости воздействия ЭМП (путем амплитудной модуляции, хронического режима облучения, либо его применения на фоне неполноценного функционирования ЦНС) могло приводить к усилению генерализации синхронного процесса вплоть до судорожных проявлений [1,2,25,31]. Изучение механизма развития эпилепсии предполагает важную роль эфпатического взаимодействия между нейронами, образованиями мозга, что обеспечивает генерализацию синхронного процесса [32,33] и правомерно для нейрофизиологического механизма ЭМП [34].

Таким образом, работы российских ученых, описанные в литературе, дают разностороннее представление о нейроэффектах н-и ЭМП, свидетельствуя об их феноменологии, нейрофизиологическом механизме и путях модификации. Эта совокупность данных объясняет наличие, отсутствие либо различную степень выраженности нейроэффектов ЭМП при одном и том же значении ППЭ (≤ 500 мкВт/см²). Материалы, представленные в литературе, полученные различными авторами, в различных экспериментальных условиях, не всегда правомерны для сравнения, что затрудняет однозначно ответить на тот или иной вопрос и требует самостоятельного проведения соответствующих экспериментов.

Собственные многолетние экспериментальные исследования, выполненные в единых корректных условиях эксперимента, дополняют и развивают вопрос о биологической значимости н-и ЭМП как раздражителя ЦНС. Важно отметить, что в большинстве случаев они проводились в сравнении с соответствующими эффектами известных адекватных раздражителей для ЦНС (свет, звук) пороговой величины для проявления отклика в биоэлектрической активности мозга.

Исследования острых нейроэффектов ЭМП РЧ с ППЭ ≤ 500 мкВт/см² приведенные ниже, дополняют данные литературы по следующим вопросам.

1. Являются ли ЭМП РЧ с ППЭ ≤ 500 мкВт/см² при экспозиции ≤ 30 мин. раздражителями ЦНС?
2. Какова их биологическая значимость?
3. Что определяет наличие и качество таких эффектов?
4. Можно ли ожидать подобных нейроэффектов у человека?

5. Применимы ли к н-и ЭМП неспецифические законы физиологии о повышении биологической значимости слабого раздражителя.¹

Бесспорным доказательством тому, что н-и ЭМП РЧ при экспозиции ≤ 30 мин. являются раздражителями ЦНС служат экспериментальные факты о реакциях отдельных нервных клеток и выработки условных рефлексов на эти стимулы (таблица 1, таблица 2).

Таблица 1 Реакции нейронов коры головного мозга кролика на 1 мин воздействия различных физических факторов

Физический фактор	Процент случаев достоверных изменений частоты импульсации нейронов			
	Зрительная область		Сенсомоторная область	
	Активация	Торможение	Активация	Торможение
СВЧ ЭМП 1,5ГГц, непрерывный режим, 300мкВт/см ²	7,1 н/д	31,5* n= 56	7,6 n= 72	37,4*
СВЧ ЭМП 1,5ГГц, импульсный режим, F=0,12Гц, $\tau=16$ мкс, ППЭимп=300мкВт/см ²	10,0 н/д	54,5* n= 90	14,5 n= 124	59,68*
СВЧ ЭМП 1,5ГГц, импульсный режим, F=1000Гц, $\tau=0,4$ мс, ППЭимп=300мкВт/см ²	25 n= 105	29,7	27,6 n= 84	32,38
СВЧ ЭМП 1,5ГГц, пачечно-импульсный режим, F _{имп.} =1000Гц, $\tau=0,4$ мс, F _{пачек} =0,12Гц, ППЭимп=300мкВт/см ²	23,23 n= 63	30,4	24,1 n= 76	31,0
СВЧ ЭМП 6ГГц, меандр 50Гц, ППЭимп=400мкВт/см	7,5 н/д	34,5* n= 56	6,4 n= 67	49,25*
ПМП, 1000Э	23,4 n= 41	36,36	24,69 n= 40	30,86
Свет, 50Гц, 1мс, 0,62Дж	60,97* n= 207	25,47	-	-
Звук, 50Гц, на 15дБ выше порога проявления ЭЭГ-отклика	16,4 n= 108	29,8	-	-
К (ложное облучение)	10,9 n= 71	3,8	13,1 n= 62	8,2

Примечание: н/д – не достоверно относительно контроля; * - достоверно относительно противоположного характера реакции при $p < 0,05$; выделен доминирующий характер изменений

Таблица 2 Сравнительная характеристика выработки у кроликов условных электрооборонительных отставленных рефлексов избегания на различные стимулы

¹ Все нижеприведенные материалы получены, практически, в единых условиях эксперимента, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к изучению биоэффектов ЭМП РЧ. В том числе – отсутствие металла в зоне облучения на теле и голове биообъекта. Electroдами и проводами служили хлорвиниловые пипетки, воронки, трубки, заполненные физиологическим раствором на основе агар-агар в консистенции геля, с сопротивлением ~ 1 МОм.

Условный сигнал	Появление	Укрепление	Максимальная прочность за 50 сочетаний	Средний период за -паздывания ответа после укрепления
	(№№ сочетания)		(%%)	(с)
Вспышки света (50Гц, 0,62Дж) (n=5)	8±2,4	120,8±17,9	78,8±2,8	4,9±1,1
Щелчки 50Гц, на 15дБ выше порога слышимости человека (n=5)	19,4±2,1°	108±16	70±4,1	5,2±0,2
СВЧ ЭМП 6ГГц, меандр, 50Гц, ППЭСр=200мкВт/см ² (n=5)	40,2±6,2°*	154±9,1	54,7±5,2°	7,9±0,4°*
ПМП 1000Э (n=5)	41,8±2,7°*	248±4,8°*	48,4±3,4°*	8,5±0,12°*
Контроль (n=5)	82,2±38,9	Нет	5,5±1	-

Примечание: отставление безусловного подкрепления от начала действия условного сигнала – 20 сек.

Безусловное подкрепление – электрический ток пороговой величины для проявления ЭМГ отклика, совместное действие – 2,5 сек.,

°*p<0,05 относительно света и звука, соответственно n – количество кроликов.

Приведенные в таблицах биоэффекты ЭМП РЧ сходны с соответствующими ответами на ПМП и отличны от реакций на адекватные стимулы \geq пороговой величины. По сравнению с последними биоэффекты неионизирующих воздействий характеризуются:

- низкой прочностью (max – 50%, по сравнению с min – 60 %);
- бóльшей величиной латентного периода (секунды, по сравнению с миллисекундами);
- преимущественно тормозным характером реакции, по сравнению с преобладанием ответов в виде усиления процессов активации;
- наличием самостоятельной реакции после выключения фактора (своеобразное проявление кумуляции), что не наблюдается при адекватных воздействиях пороговой величины и выше.

Приведенная характеристика реакции мозга на ЭМП описана и для адекватных стимулов, то только подпороговой величины. На этом основании рассматриваемые неионизирующие воздействия можно оценить как раздражители слабые (скорее подпороговые).

В формировании нейроэффектов н-и ЭМП РЧ и ПМП превалирует непосредственное действие на ткань мозга. Разнообразные эксперименты (с вживленными электродами; на препаратах мозга: *cerveau isole*, нейронально-изолированная полоска коры головного мозга; с фармакопрепаратами, избирательно изменяющими возбудимость отдельных структур мозга) подтверждают данные литературы об отсутствии соответствующих определенных специфических образований [1,25,26,35,36]. Реакции структур мозга различались только по реактивности, что зависело от исходных функциональных особенностей образования и проникающей способности фактора. Совокупность проведенных экспериментов четко доказывает, что в условиях облучения головы, определяющую роль играет непосредственное, а не рефлекторное влияние на ткань мозга. Учитывая эти данные, можно предполагать, что нейрофизиологический механизм формирования условного рефлекса на ЭМП и ПМП сводится к замыканию соответствующей связи на уровне одного анализатора, а именно того, к которому адресуется безусловное подкрепление. Поддерживает такое представление и экспериментально доказанная возможность конвергенции импульсов разных модальностей (в том числе и ЭМП) на одних и тех же нейронах. Как показано на рис. 1, в зрительной области коры головного мозга кролика большинство нейронов реагировало на три или два стимула, в

том числе и ЭМП, тогда как не выявлено ни одной нервной клетки, отвечающей только на ЭМП.

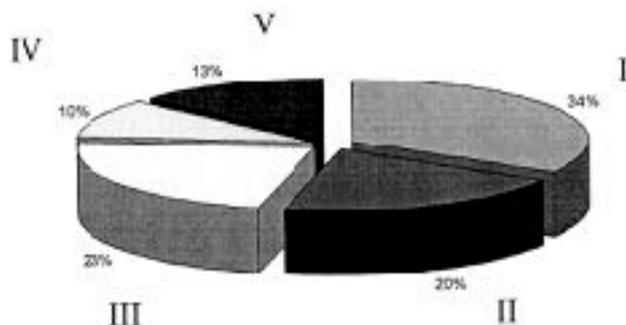


Рис. 1 Конвергенция импульсов разных модальностей на нейронах зрительной области головного мозга кроликов

Примечание: параметры воздействующих факторов приведены в таб. 2

Из 70 нейронов:

I - реакция на свет, звук и СВЧ (34%);

II - реакция на свет и СВЧ (20%);

III - реакция на свет (23%);

IV - отсутствие реакции (10%);

V - реакция на свет и звук (13)

Очевидным является факт определяющего значения исходного фона в характере реакции ЦНС на кратковременное воздействие н-и ЭМП [35,37]. Как представлено в таблице 1, в условиях нормального функционирования ЦНС преобладает реакция на ЭМП в виде торможения. Однако она может носить и иной характер. На рис. 2 показана зависимость реакций нейронов на ЭМП от исходных фоновых значений. Это явление характерно для различных режимов н-и ЭМП, поэтому на рис. 2 приведены суммарные результаты по большому объему нейронов (>200), которым предъявляли ЭМП с параметрами, приведенными в таблице 1.

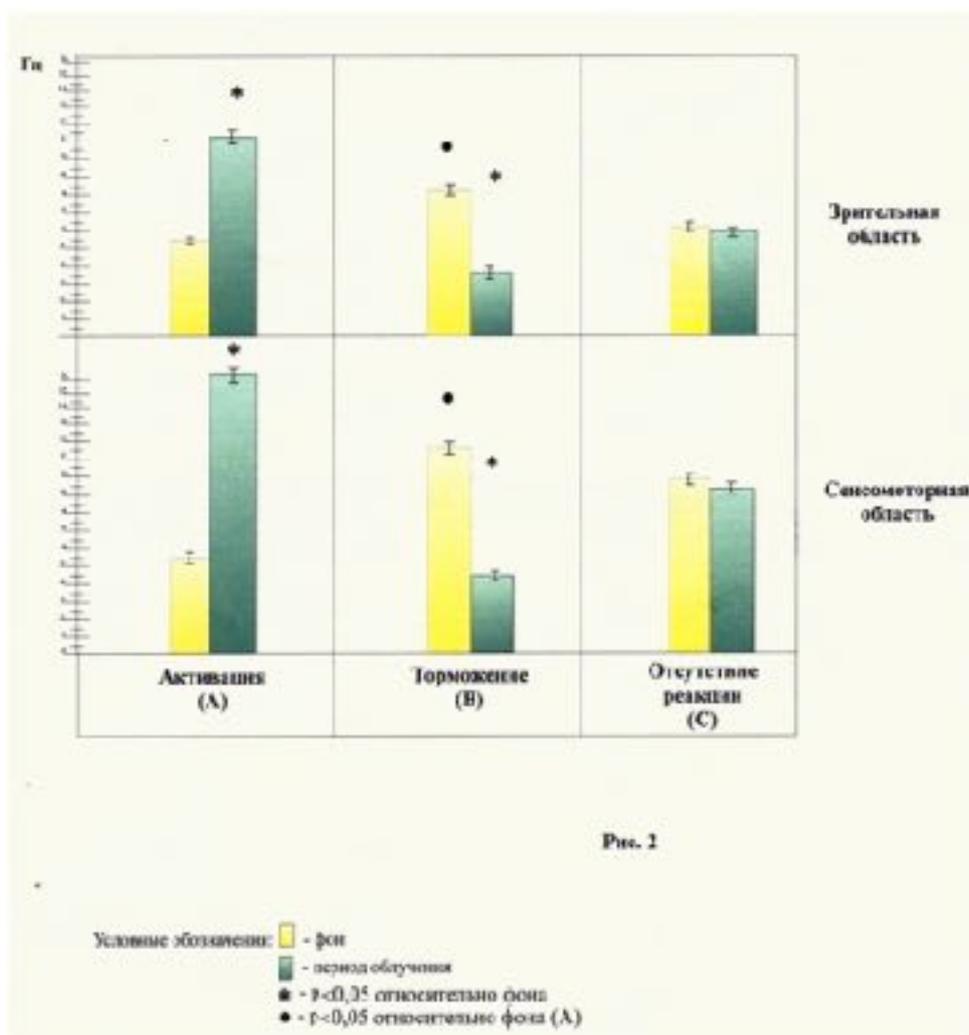


Рис. 2 Зависимость изменения частоты импульсации нейронов на СВЧ-облучение от исходного фона

Суммарная биоэлектрическая активность головного мозга также изменялась в зависимости от исходного фона при различных режимах н-и ЭМП (непрерывный, импульсный, пачечно-импульсный). Во всех случаях доминирование в фоне процессов активации – препятствовало, а состояние относительного покоя – усиливало вероятность проявления реакции у нормальных здоровых животных. Оценка коэффициентов кросскорреляции (КК) между ЭЭГ передних и задних областей коры головного мозга более четко (по сравнению со спектральной характеристикой) отражает эти состояния. Диаграмма на рис. 3 – результат управляемого эксперимента в виде предъявления ЭМП на фоне эффективных и неэффективных значений КК, что предварительно было определено и представлено в таблице 3.

Таблица 3 Зависимость эффекта ЭМИ от исходного фона по оценке КК между ЭЭГ передне-центральной и теменно-затылочной областей коры головного мозга

Число 10-минутных отрезков: 5 мин – фон + 5 мин облучение		Мода в кривой распределения КК за 5 мин				
истинное	ложное	Фон	облучение		контроль	
			значение	% случаев	значение	% случаев

30	30	0.2-0.4	0.6-0.7	46.7*	0.4-0.5	3.3
30	30	0.5-0.6	0.2-0.3	73.3**	0.5-0.6	0
30	30	0.7-0.9	0.5-0.6	13.3	0.6-0.7	6.6

* - $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ по χ^2 относительно соответствующего контроля, эпоха анализа КК – 4 с.

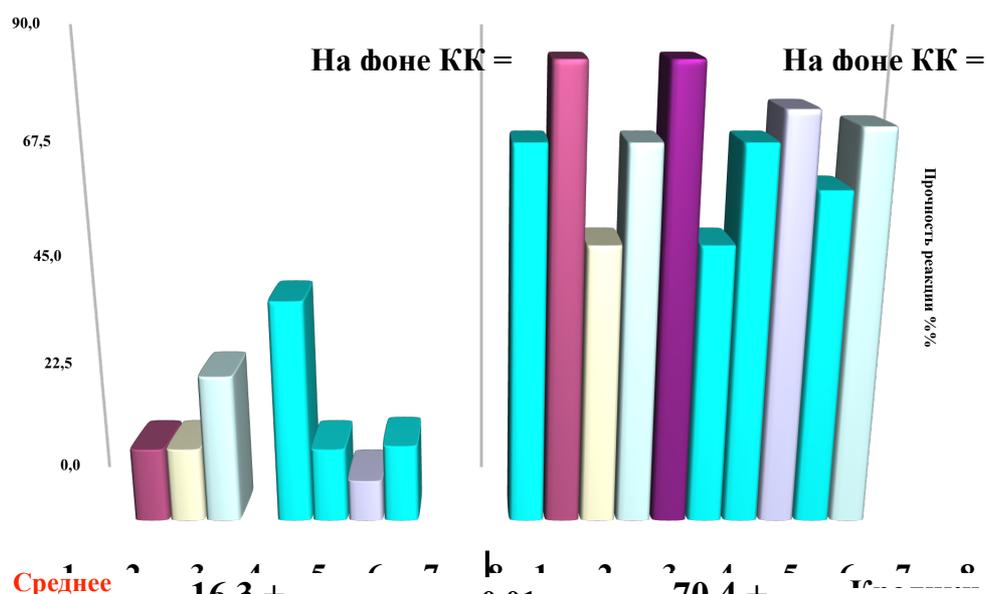


Рис. 3 Реакция мозга на СВЧ ЭМП, предъявляемое на фоне эффективных и неэффективных значений КК между ЭЭГ передних и задних областей коры головного мозга.

Наличие и характер реакции ЦНС на н-и ЭМП РЧ, несомненно, зависят и от параметров облучения. Полученные экспериментальные материалы согласуются с данными литературы об отсутствии прямо пропорциональной зависимости от ППЭ в диапазоне $30 \div 400$ мкВтсм² (рис. 4) и о возможности усиления реакции ЦНС при усложнении режима облучения (непрерывный, импульсный, пачечно-импульсный). Последнее имело место при анализе суммарной биоэлектрической активности головного мозга (рис. 5) при увеличении экспозиции до 5 мин, по сравнению с 1 мин. в исследованиях импульсации нейронов, хотя параметры были едиными (таблица 1).

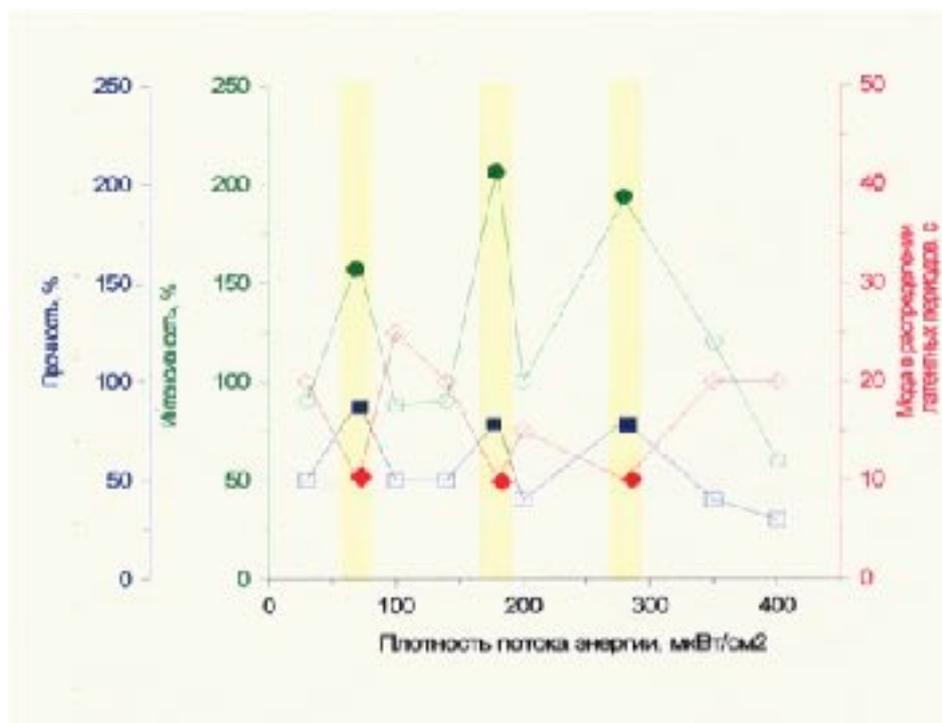


Рис. 4 Зависимость ЭЭГ-изменений от плотности потока энергии

Примечание: Прочность реакции – процентное отношение числа случаев реакции к общему количеству предъявлений МКВ. Интенсивность реакции – превышение выраженности анализируемой величины (количество "веретен") при воздействии относительно исходного фона в процентах (100% -фон), непрерывный режим.

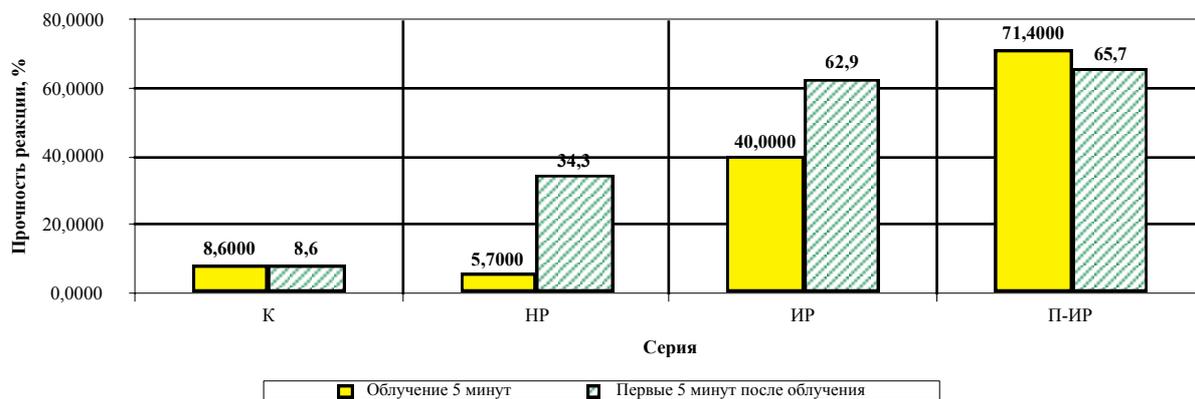


Рис. 5 Прочность реакции ЦНС по изменению суммарной биоэлектрической активности головного мозга кролика на ЭМИ различных режимов.

Примечание: * $p < 0,01$ по χ^2 относительно контроля

Эксперименты проведены на 7 кроликах, каждому из которых в рандомизированном порядке предъявляли по 5 воздействий СВЧ различных режимов и соответствующего контроля

Условные обозначения: К – контроль (ложное облучение), НР – непрерывный режим, ИР – импульсный режим, П-ИР – пачечно-импульсный режим. Параметры приведены в таблице 1.

Важно отметить, что в параллельно регистрируемых показателях деятельности других систем организма (сердечно-сосудистой, дыхание, мышечной) достоверные по группе животных изменения имели место только в случае пачечно-импульсного режима и увеличении экспозиции до 30 минут. Это поддерживает мнение о возможности выхода реакции за пределы ЦНС при усложнении режима облучения и увеличении экспозиции.

Экспериментальные результаты, полученные на кроликах, касающиеся основной реакции ЦНС на кратковременное воздействие н-и ЭМП РЧ, справедливы и для человека. Об этом свидетельствуют исследования, выполненные с участием испытуемых- добровольцев. Источником ЭМП РЧ служили сотовые телефоны различных стандартов (таблица 4). Схема

исследования включала: осмотр дежурного врача; предъявление психофизиологических тестов на выявление признаков утомления, изменения внимания и времени реакции; взятие материала (слюны) на биохимический анализ (радиоимунным способом определяли содержание катехоламинов) – до и после воздействия, а также – запись комплекса физиологических показателей (ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ, ПГ) в течении 10 мин – в фоне, 10 мин – в период работы сотового телефона и 10 мин – сразу после его выключения. Из этого большого комплекса показателей достоверными по группе испытуемых (как и в экспериментах на кроликах) были только изменения в ЭЭГ (таблица 5). Они носили тот же самый характер (увеличение числа веретенообразных колебаний в альфа и бета нижнем диапазонах ЭЭГ, рис. 6), чаще и лучше проявлялись сразу после выключения поля и реализовались с латентными периодами, измеряемыми секундами. Наличие и выраженность этой реакции определялись исходным фоном, что было тесно связано с типологическими особенностями ЭЭГ испытуемых. Эти материалы детально описаны [38]. Умеренное доминирование в фоне альфа – диапазона при открытых глазах и его заметное усиление при закрытых глазах – наиболее благоприятное исходное состояние для проявления данного эффекта ЭМП.

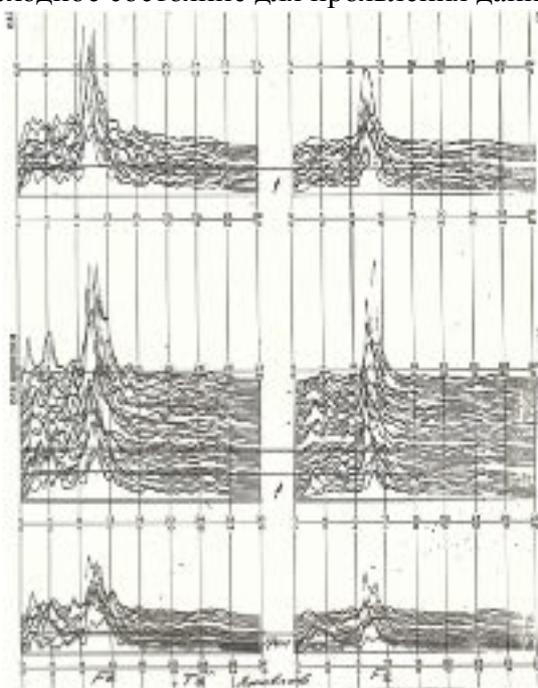


Рис. 6 Пример динамики спектров ЭЭГ испытуемого в серии с телефоном стандарта NMT

Зависела эта реакция и от параметров ЭМП, которые различались у испытываемых видов стандартов сотовой связи (таблица 4). Как следует из таблицы 5 основная форма реакции (усиление альфа- диапазона ЭЭГ) в наибольшей степени проявлялась при использовании "GSM-900". В случаях "DCS-1800" и "NMT-450" эта реакция выражена ~ одинаково. Однако в последнем варианте наблюдали усиление, не только альфа, но и дельта и тета- диапазонов ЭЭГ, что свидетельствует о данном воздействии как биологически более сильном.

Таблица 4 Основные параметры ЭМП РЧ, создаваемых абонентскими терминалами трех стандартов сотовой радиосвязи

№ п/п	Модель абонентского терминала, стандарт сотовой радиосвязи	Средняя выходная мощность (мВт)	ППЭ эквивалентной плоской волны, мкВт/см ²	
			на уровне головы (0.1 м от антенны)	на уровне ног (0.5 м от пола)
1.	Motorola PT-9s, DCS-1800 (GSM-1800)	125	52.17	0.59
			+30.26 -19.30	+0.59 -0.30
2.	Siemens S4, GSM-900	250	61.25	0.87
			+35.53 -22.66	+0.87 -0.44
3.	Nokia 450, NMT-450	1000	78.93	1.06
			+45.78 -29.20	+1.06 -0.53

Таблица 5 – Количественная характеристика реакций на ЭМП РЧ различных параметров

Серия (условн. обознач.)	Кол-во испытуемых	% испытуемых с достоверными изменениями физиологических показателей						
		ЭЭГ	ЭКГ	ПГ	ЭМГ	Тремор	АД	t° кожн. покровов
"НР"	19	при 26.3↑	при –	при –	при –	при –	систолич. 5.3↑	при –
		после 30.5↑*	после 5.3↓	после –	после 10.5↑	после –	диастолич. 5.3↑	после –
"МР"	19	при 30.5↑*	при 5.3↑ 10.5↓	при –	при 15.7↑	при –	систолич. 10.5↓	при 5.3↓ 5.3↑
		после 36.8↑*	после 5.3↓	после 5.3↑	после 5.3↑	после –	диастолич. –	после –
"К ₁ "	19	при 5.3↑	при –	при 5.3↑ 5.3↓	при –	при –	систолич. 10.5↓ 10.5↑	при –
		после 5.3↑	после 5.3↑	после 5.3↑	после –	после –	диастолич. 10.5↓	после –
"DCS-1800"	10	при 30↑	при –	при 40↑ 30↓	при –	при 40↑	систолич. 10↑ 20↓	при 10↑
		после 30↑	после 30↓	после 10↑ 20↓	после –	после 20↑ 10↓	диастолич. 20↑	после 10↑ 10↓
"GSM-900"	10	при 70↑**	при 10↑ 20↓	при 50↑ 20↓	при 10↑	при 10↑	систолич. 10↓	при –
		после 80↑**	после 10↑ 30↓	после 70↑ 20↓	после –	после 20↑ 10↓	диастолич. –	после 20↓
"NMT-450"	10	при 50↑**	при 10↑ 40↓	при 10↑ 30↓	при –	при 20↑	систолич. 10↑ 10↓	при 10↑ 30↓
		после 70↑**	после 10↑ 40↓	после 20↑ 10↓	после –	после 10↑	диастолич. –	после 20↓
"К ₂ "	10	при –	при 20↑ 30↓	при 50↑ 20↓	при 10↓	при –	систолич. 30↓	при 10↑ 10↓
		после 10↑	после 20↑ 30↓	после 40↑ 20↓	после 10↓	после 10↓	диастолич. 10↑	после 20↓

Условные обозначения: ↑, ↓ - усиление, снижение выраженности показателей; К₁, К₂ – контроли с ложным облучением в сериях с ЭМП РЧ промышленного генератора и ЭМП РЧ сотового телефона, соответственно; при – в период действия ЭМП РЧ; после – сразу после выключения ЭМП РЧ; "НР" - непрерывный режим; "МР" - модулированный режим; *, ** – p < 0.05, p < 0.01 соответственно, по сравнению с контролем; "–" - отсутствие реакции. В таблице приведены результаты 20-30 мин облучения.

Являясь слабым (чаще подпороговым) раздражителем ЦНС, н-и ЭМП РЧ подчиняется неспецифическим законам физиологии о повышении биологической значимости слабого раздражителя. Наиболее изученные из них: увеличение числа воздействий, их предъявление на фоне неполноценного функционирования ЦНС и организма или в сочетании с раздражителями других модальностей.

Таблица 6 Характеристика поведения крыс в результате 30 дневного СВЧ-облучения

Показатель поведения	Период усреднения (сутки)	Процент наличия показателя за эпоху анализа – 1 час в сериях:			
		«Контроль»		«СВЧ ЭМП»	
Горизонтальная двигательная активность	1-14	30,64 ± 3,4	n/a	30,89 ± 3,8	n/a
	15-30	12,8 ± 1,6	p<0,05	20,9 ± 2,0	n/a
Вертикальная двигательная активность	1-14	17,6 ± 3,2	n/a	30,6 ± 1,7	n/a
	15-30	9,8 ± 3,4	p<0,05	24,3 ± 3,0	n/a
Груминг	1-14	14,4 ± 2,9	n/a	23,5 ± 1,8	n/a
	15-30	27,2 ± 2,1	p<0,05	16,5 ± 3,0	n/a
Двигательный покой	1-14	19,5 ± 1,9	p<0,05	11,2 ± 1,6	n/a
	15-30	32,1 ± 2,8	p<0,01	16,6 ± 1,8	n/a
Замирание (неподвижная восторженность, предчувствие опасности)	1-14	1,9 ± 2,2	n/a	5,8 ± 2,1	n/a
	15-30	0	p<0,01	16,1 ± 2,8	p<0,05

Таблица 7 Характеристика двигательной активности кроликов в результате 30 дневного СВЧ-облучения

Показатель	Период усреднения (сутки)	Значения показателей в сериях	
		Контроль	СВЧ-облучение
Среднее количество передвижений за 30 минут ежедневного анализа	1-13	107 ± 12,7	106 ± 10,1
	14-30	57 ± 2,5	77 ± 8,5
Длительность тормозной паузы в % за 30 минут ежедневного анализа	1-13	42 ± 5	33 ± 3
	14-30	50 ± 5	42 ± 3
% двигательных проявлений, характеризующих настороженность и беспокойство животного	1-13	7,1 ± 2,0	9,9 ± 2,3
	14-30	2,4 ± 1,8	18,3 ± 1,8

В экспериментах на кроликах и крысах показано, что увеличение числа облучений (пачечно-импульсный режим, таблица 1), по 30 минут ежедневно в течение месяца, приводит к нарушению процессов адаптации и появлению признаков невротических расстройств. Детальный анализ динамики двигательных изменений четко выделяет периоды до и после 14 суток, что и нашло свое отражение в таблицах 5 и 6.

При оценке ЭЭГ у кроликов, облучаемых ЭМП одних и тех же параметров (1.5 ГГц, модуляция 100 Гц в режиме меандра при ППЭ в импульсе – 200 мкВт/см²) и экспозиции (10 пятиминутных воздействий, предъявляемых с интервалами 5÷15 мин) при различных исходных условиях наблюдали совершенно различные результаты. На фоне физиологической нормы и т.н. безартефактных электродов реакция в виде увеличения числа веретенообразных колебаний в альфа диапазоне сменяется усилением тета-активности, что свидетельствует об умеренной активации и переходе от раздражителя слабого к раздражителю средней силы, не вызывающего аномальных изменений. На фоне неполноценного функционирования ЦНС, которое в нашем случае представляло послеоперационный стресс (1 час после вживления в кость безартефактных электродов) с ЭЭГ-активностью в виде наличия отдельных комплексов высокоамплитудных медленных и острых волн, ЭМП к 7÷10 пятиминутному применению приводило к доминированию (усилению) этой активности, что свидетельствовало о предпатологии.

Выраженная патологическая активность при тех же параметрах и экспозиции ЭМП наблюдалась при использовании металлических электродов и проводов, что, возможно, усиливало падающее ЭМП и создавало в месте контакта металл – биологическая ткань дополнительный раздражитель – ток микрополяризации. Последнее имело большее значение, т.к. реакция мозга зависела от количества электродов и их расположения, проявляясь по-разному – от незначительных нарушений до грубой патологии.

Приведенные результаты собственных экспериментальных исследований во многом согласуются с данными литературы относительно биологической значимости (и ее модификации) н-и ЭМП РЧ в условиях короткой экспозиции, дополняют их и позволяют с большим основанием сделать следующее заключение.

Заключение

- ЭМП РЧ с ППЭ в непрерывном режиме или в импульсе ≤ 500 мкВт/см² – полноправные раздражители ЦНС, к которым применимы неспецифические законы физиологии о биологической силе, адапционном ответе и путях усиления биологической значимости слабого раздражителя.

- Однократное кратковременное (≤ 30 мин) вышеуказанное воздействие в условиях нормального функционирования биообъекта и отсутствия сопутствующих раздражителей является слабым (чаще, подпороговым) по своей биологической значимости и никакой опасности не представляет.

- Усложнение режима облучения путем увеличения числа меняющихся параметров (например, пачечно-импульсная модуляция, интерметирующий характер изменения ППЭ или экспозиции, облучение в ритме биотоков) при сохранении ППЭ в импульсе ≤ 500 мкВт/см² и экспозиции ≤ 30 мин, способно повысить его биологическую значимость до раздражителя средней силы. Такое воздействие в умеренной степени мобилизует защитно-адаптационные механизмы и опасным для здоровья не являются (скорее, наоборот). Это свойство ЭМП уже используется в клинической практике российских медиков.

- Увеличение числа кратковременных воздействий ЭМП в зависимости от их количества и характера предъявления также может повысить биологическую значимость ЭМП до раздражителей средней силы и сильных, вызывающих обратимые дезадаптационные изменения с невротическими проявлениями пограничного характера. Последнее, конечно, является мотивом, чтобы отнести это воздействие к фактору риска. Однако необходимо подчеркнуть важность учета характера повторения кратковременных облучений (соотношение длительностей экспозиций и пауз между ними), время суток и состояния биообъекта, что лежит в основе кумуляции биоэффектов повторных и-и воздействий и что можно создать в эксперименте и сложнее получить в реальных условиях.

- Случаи необратимой дезадаптации и развитие патологических (в частности, судорожных) проявлений на и-и ЭМП радиочастотного диапазона возможны на фоне неполноценного функционирования организма (в частности, состояния стресса, болезни) при условии повторения кратковременных облучений с учетом особенностей, необходимых для их кумуляции.

- Последнее относится и к сочетанному действию различных по модальности раздражителей. Для их суммирования необходимо, чтобы они были сравнимы по биологической силе (значимости) или предъявлялись в специально разработанной последовательности, согласно их значимости, а так же имели некоторые точки соприкосновения в механизме действия на ЦНС. В эксперименте это возможно, как показали различные авторы.

- Абсолютно недопустимым является наличие на теле животного или человека (в зоне облучения) металлических деталей, которые способны выступить антеннами или вызвать появление тока микрополяризации. В этом случае в зависимости от их количества и мест расположения в условиях повторных облучений можно вызвать самые непредсказуемые изменения в организме.

- Совокупность представленного материала подтверждает необходимость комплексного анализа каждой конкретной ситуации при оценке риска воздействия ЭМП низкой интенсивности для здоровья животных и человека.

Литература

1. Холодов Ю.А. Влияние ЭМП на центральную нервную систему: М. "Наука", 1966, 280 с.
2. Холодов Ю. А. Реакции нервной системы на ЭМП. М. "Наука", 1975, 284 с.
3. Холодов Ю.А. Шишло Электромагнитные поля в нейрофизиологии М. "Наука", 1979, 166 с.
4. Гордон З.В. Вопросы гигиены труда и биологического действия ЭМП сверхвысоких частот М. "Медицина", 1966, 203 с.
5. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа»: М. "Наука", 1968, 288 с.
6. Савин Б.М., Рубцова. Влияние радиоволновых излучений на ЦНС В сб.: "Физиология человека и животных" М. ВИНТИ, 1978, с. 68-111.
7. Григорьев Ю.Г. Роль модуляции в биологическом действии электромагнитных излучений. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология, 1996, т. 36, в. 5, с. 659-670.
8. Бычков М.С. , Дронов И.С. Электрофизиологические данные об эффектах очень слабых воздействий микроволн на уровне системы "ретикулярная формация среднего мозга – гипоталамус – кора больших полушарий". В сб. "О биологическом действии ЭМП РЧ» М. НИИГТ и ПЗ, 1973, вып. 4. с. 58-65.
9. Асабаев Ч. Материалы по изучению чувствительности ЦНС животных к ЭМП сверхвысокой частоты. Автореф. канд. дисс. М. Ин-т ВВД и НФ АН, 1971 18 с.
10. Д, Мак Ри В. сб. "Материалы III советско-американского рабочего совещания по проблеме: Изучение биологического действия физич. факторов окружающей среды". Киев "здоровье", 1982, с. 17-21.
11. Суббота А.Г. Нетепловое действие микроволн на организм (обзор литературы). Военно-мед. Журнал, 1970, № 9, 39 с.
12. Плеханов Г.Ф. Критерии различия и погрешности исследования радиочувствительности и радиопоражаемости живых систем. В сб.: "Принципы и критерии оценки биологического действия радиоволн". Л., ВМА им. С.М. Кирова, 1973, с. 11-16.
13. Лукьянова С.Н., Макаров В.П., Рынсков В.В., Зависимость изменений суммарной биоэлектрической активности головного мозга от ППЭ МКВ-облучения. // Радиационная биология. Радиоэкология, 1996, т. 36, вып. 5, с.706-709.
14. Чиженкова Р.А. Импульсные потоки популяций корковых нейронов при СВЧ-облучении. Ж. Радиационная Биология. Радиоэкология, 2010, том 50, №2 с. 201-210
15. Петин В.Г. Биофизика неионизирующих физических факторов окружающей среды. Обнинск ГУ МРНЦ РАМН, 2006, 266 с.
16. Бурлакова Е.Б. Особенности биологического действия малых доз ионизирующего излучения. II Международная конференция "Человек и ЭМП" (сборник докладов), Саров, 2007, С. 188-191.
17. Chou C.K., Guy A.W. Quantitation of microwave biological effects. Jn: Symposium on Biological effects and measurement of radio frequency microwaves, Meryland, 1977, h. 81-103.
18. Жаворонков Л.П., Павлова Л.Н., Глушакова В.С., Посадская В.М., Дубовик Б.В. "Тезисы доклада на 4-ом съезде по радиационным исследованиям М. 2010, т. ", с. 171.
19. Гордон З.В. "Новые результаты исследования по проблеме гигиена труда и биол. действие ЭМП РЧ". М. Ин-т ГТиПЗ АМН, 1973, с. 144-149.
20. Bawin S.M., Gawalas-Medici and Andey W.R. Effects of modulated VHF fields on specific brain rhythms in cats. in: "Brain Research", 1973, 58, h. 365-384. 21.
21. Баньков В.И. Влияние низкочастотного импульсного модулированного ЭМП на организм человека и животных. Автореф. канд. дисс. Красноярск, Мед. Ин-т, 1974, 19 с.

22. Григорьев Ю.Г., Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах. Ежегодник РНКЗНИ М: изд-во АЛЛАНА, 2004, с. 16-72
23. Hinrikus H., Bachmann M., Lass J., Tomson R., Tuulik V. Effects of modulated 450MHz microwave radiation on human electroencephalographic rhythms J. Radiat. Biol. 2008, v. 84, №1, p.69-79.
24. Лобкаева Е.П., Девяткова Н.С., Комиссаров В.И. Обоснование подбора параметров импульсного МП для получения заданного биологического эффекта. Сб. докладов I Международной конференции "Человек и ЭМП", Саров, 2003, с. 8-19.
25. Чиженкова Р.А. Исследование роли специфических и неспецифических образований в электрических реакциях головного мозга кролика, вызываемых полями УВЧ, СВЧ и ПМП. Канд. Дисс. Ин-т ВНДиНФ АН СССР, 1966, 123 с.
26. Лукьянова С.Н. К анализу реакций ЦНС на ПМП. Канд. Дисс.: М. Ин-т ВНД и НФ РАН, 1970, 121 с.
27. Кононов Ю.В. «Аналгезирующие свойства импульсного сложномодулированного ЭМП. (клинико-экспериментальные исследования). Автореф. канд. дисс. г. Свердловск Ур. Гос. Мед. Академия, 1986 г., 16 с.
28. Рогочева С.М., Денисова С.А., Шульгин С. В., Сомов А.Ю., Кузнецов П.Е. Биоэффекты ЭМИ КВЧ в сочетании с физиологически активными веществами. Ж. Радиацион. Биол. Радиоэкология, 2008, том 48, № 4 с. 474- 480.
29. Лукьянова С.Н., Алексеева В.А. Изменение в реакции нейронов зрительной области коры головного мозга кролика на вспышку света под влиянием низкоинтенсивных физических факторов неионизирующей природы. Ж. Радиацион. Биол. Радиоэкология 2011, том 51, № 4 с. 471-475.
30. Файтельберг-Бланк В.Р., Перевалов Г.М. Избирательное действие дециметровых волн на центральные структуры мозга. Физиол. Ж. СССР им. И.М. Сеченова, 1977, т. 93, № 5, с. 668-672
31. Лукьянова С.Н. Феноменология и генез изменений в суммарной биоэлектрической активности головного мозга на неионизирующее излучение. //Радиационная биология. Радиоэкология. 2002, т. 42, № 3, с. 308-314.
32. Русинов В.С., Эзрохи В.Л. О физиологической роли электромагнитного поля, генерируемого нейроном в межнейрональном взаимодействии. XI съезд Всес. Физиол. Об-ва им. Павлова. Л., 1970, с. 38-42.
33. Петше Г. К вопросу о природе элементарных генераторов синхронизированной активности при эпилептическом припадке. В сб. "Функциональное значение электрических процессов головного мозга" М., "Наука", 1977, с. 347-357.
34. Кругликов Р.И., Мыслободский М.С., Эзрохи В.А. Судорожная активность: М. "Науки" 1970, 146 с.
35. Лукьянова С.Н. Определяющее значение исходного фона в нейроэффектах ЭМИ низкой интенсивности. Радиационная биология. Радиоэкология, 2003, т. 43, № 5 с. 519-523.
36. Лукьянова С.Н. Непосредственное действие ПМП на ткань мозга. // Радиационная биология. Радиоэкология, 2009, т. 49, № 1, с. 109-114.
37. Лукьянова С.Н., Моисеева Н.В. К анализу реакции нейронов на СВЧ ЭМП. // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998, т. 38, вып. 5 с. 763-766.
38. Лукьянова С.Н., Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Зависимость биоэффектов ЭМП РЧ нетепловой интенсивности от типологических особенностей ЭЭГ человека. Ж. Радиацион. Биол. Радиоэкология 2010, том 50, № 6, с.712-722

NON-THERMAL LEVELS EMF AS NONSPECIFIC STIMULUS FOR CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Svetlana Lukyanova

Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia

EMF RF non-thermal levels is stimulus for central nervous system to which the applicable laws of the physiology of non-specific biological effect, adaptive response and ways to strengthen the biological significance of a weak stimulus, depending on the exposure conditions can be regarded as an irritant from weak to strong degree. The conditions, when the reaction may be manifestations of central nervous system, leading to neurosis, are described. Boundary conditions for possible cumulative biological response CNS effects of non-thermal EMF intensity were defined. The data presented by the author confirms the necessity for integrated analysis of each situation when assessing the risk of low intensity EMF exposure on human health.

НЕЙРОФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ЭМП НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦНС

Жворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И., Посадская В.М.

ФГБУ Медицинский радиологический научный центр Минздравсоцразвития РФ,
г. Обнинск.

Введение

Несмотря на широкое распространение в разных областях техники, производства и в быту источников электромагнитного излучения микроволнового частотного диапазона, проблема оценки биологической значимости и потенциальной опасности этого фактора внешней среды решена далеко не полностью. В частности, в литературе нет единого представления относительно воздействия на организм ЭМП нетепловых уровней и существуют как минимум две научные концепции. В основе различий между ними лежит разная оценка значимости минимальных ответных реакций типа отклика, регистрируемых при воздействии ЭМП. Опубликовано значительное число работ, выполненных с использованием чрезвычайно широкого набора экспериментальных моделей и тестов при разных условиях и физических параметрах воздействия, которые свидетельствуют об обнаружении либо отсутствии нетепловых, или специфических, эффектов ЭМП (Григорьев Ю.Г. и др., 1995, 2010; Лобанова Е.А., 1979; Рынсков В.В., 1985; Lai H. et al., 1986). Эти эффекты не всегда воспроизводятся, даже при соблюдении стабильности большинства условий. При такой «пестрой» картине понятен и диапазон выводов от придания эффектам ЭМП низкой энергии первостепенного значения до полного отрицания таковых и признания их артефактными. Тем не менее, следует считать установленным тот феномен, что при определенных условиях на воздействие ЭМП весьма малой интенсивности могут регистрироваться реакции различных функциональных систем, которые невозможно объяснить выделением тепла в макрообъеме биообъекта. Абсолютное большинство исследователей считают, что при этом решающее значение приобретает организация воздействия, некая информация, как бы закодированная в физических (прежде всего, модуляционных) либо временных параметрах ЭМИ. Многие данные свидетельствуют о более высокой значимости импульсной организации облучения по сравнению с непрерывным (Григорьев Ю.Г., 1996, 2004; Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф., 1997; Frey A.H. and Feld S.R., 1975; Elder J.A., 1975). Существующие гигиенические нормативы для ЭМП не учитывают возможную повышенную биотропность импульсного микроволнового облучения по сравнению с непрерывной генерацией поля при равных энергетических характеристиках. В связи с этим исследования, связанные с изучением значимости этого фактора для определения безопасных уровней ЭМП разной организации, весьма актуальны, поскольку большинство реально существующих источников электромагнитных излучений (локаторы, базовые станции сотовой связи и т.д.) работают в режимах импульсной модуляции поля.

В последние годы появились работы, в которых показано, что при особой организации слабые импульсные ЭМП способны модулировать биоритмы и состояние мозга (Лукьянова С.Н. и др., 1995, 1996, 1998; Пестряев В.А., 1994, 2003; Субботина Т.И. и др., 2004; Borbeley A. et al., 1999). Заслуживает внимания и мнение некоторых авторов о том, что организм на низкоинтенсивные импульсно-модулированные ЭМП отвечает стандартными фазово протекающими реакциями ведущих функциональных систем, укладывающимися в картину

общего адаптационного синдрома – стресса (Холодов Ю.А., 1996, 1998; Журавлев Г.И. и др. 2001).

Однако взгляды ученых на конкретные механизмы воздействия этого фактора носят лишь предположительный характер. По нашему мнению, в данном научном направлении для определения параметров негативного воздействия фактора, а также механизмов его воздействия на организм необходим системный подход, учитывающий как исследование физических особенностей воздействующего фактора (микроволны), так и потенциально возможные ответные реакции на него живых структур и функциональных систем организма. Теоретический анализ показал, что при определенных условиях и режимах ЭМИ СВЧ возможно возникновение резонансных явлений (Frochlich H., 1968), способных при малой интенсивности сигнала вызвать значимый отклик биомембран, нейронных сетей, а также макромолекул ДНК.

Нашими предыдущими экспериментальными исследованиями, основанными на этих теоретических предпосылках и комплексном подходе, выявлен ряд «мишеней» для ЭМП нетепловой интенсивности на разных уровнях структурно-функциональной организации ЦНС – одной из ведущих стресс-систем организма, обеспечивающих развитие общего адаптационного синдрома (Павлова Л.Н и др., 2010; Жаворонков Л.П. и др., 2011). Показано, что в зависимости от спектральных, энергетических и модуляционных параметров ЭМИ СВЧ могут изменяться такие важные адаптационные механизмы как возбудимость, инстинктивное исследовательское поведение, способность к обучению, память, эмоциональная устойчивость. С изменениями состояния ЦНС, а именно, динамических взаимоотношений между процессами возбуждения и торможения в ЦНС связывают многие авторы проявление эпилептиформного эффекта низкоинтенсивного ЭМИ (Лукьянова С.Н. и др., 1995; Лукьянова С.Н., 2002), нередко наблюдаемого и описанного у лиц, соприкасающихся с ЭМП в силу их профессиональной деятельности или при других обстоятельствах (Тягин Н.В., 1971; Садчикова М.Н. и др., 1972; Суровикина Т.Б. и Караш И.А., 1974; Lai H. et al., 1986). С учетом таких фактов, экспериментальное изучение состояния возбудимости ЦНС представляет особый интерес при изучении биоэффектов ЭМИ как для оценки реакций организма на данный вид воздействия, так и в плане изучения механизмов разного рода отклонений, обнаруживаемых в других функциональных системах.

С помощью этанолового наркотического теста нами было показано, что импульсные низкоинтенсивные ЭМИ могут индуцировать проявления нейродепрессии и атараксиса, сопровождающиеся снижением общей возбудимости ЦНС (Павлова Л.Н и др., 2010; Жаворонков Л.П. и др., 2011). Установлено, что направленность и выраженность реакции ЦНС находится в сложной зависимости от совокупности энергетических и модуляционных характеристик облучения, потенциально возможных при многообразных вариантах воздействия в условиях реально существующего в природе и быту широкополосного спектра низкоинтенсивного ЭМИ. Выбор параметров ЭМИ в наших исследованиях основывался на широком использовании такого рода источников в медицине, в быту и особенно возрастающей в настоящее время практикой использования мобильной связи. Основываясь на гипотезе резонансного отклика потенциальных мозговых осцилляторов, в качестве модулирующих частот применяли частоты, близкие или синхронные с ритмами ЭЭГ.

Придавая важнейшее значение выявленному и неоднократно воспроизведенному феномену изменения возбудимости ЦНС под воздействием низкоинтенсивных импульсно-модулированных ЭМП, мы использовали этот критерий для изучения возможных механизмов воздействия данного фактора на функции ЦНС. Хотя этаноловый тест удобен для оперативного скринингового анализа разных вариантов облучения, он не дает ответа на важный вопрос о точках приложения действия ЭМИ, т.е. о морфофункциональных

структурах мозга, ответственных за реакции ЦНС на микроволновое облучение нетепловой интенсивности. Механизм развития обнаруженных трансформаций состояния возбудимости ЦНС под воздействием ЭМ волн пока не изучен. В литературе встречаются лишь единичные работы, посвященные этому вопросу. Так, в работах Акоева И.Г. и соавт. (Акоев И.Г., 1983; Акоев И.Г. и др., 2002) в механизме действия ЭМИ на возбудимость ЦНС придается значение отклонениям на уровне нейронных мембран. Ими показано, что ЭМИ изменяют функциональное состояние глутаматных рецепторов *in vitro*, встроенных в искусственные липидные мембраны. Семин Ю.А. и др. обнаружили изменения вторичной структуры ДНК после воздействия импульсных ЭМИ низких энергий (Семин Ю.А. и др., 1995, 2001, 2002). Однако вопрос о трактовке полученных эффектов и реальности аналогичных событий на уровне нейронных мембран *in situ* остается открытым. В связи с этим одним из направлений настоящего исследования механизмов воздействия ЭМИ на общую возбудимость ЦНС явилось изучение состояния ионных каналов возбудимых мембран *in situ* при выявленных нами ранее нейроактивных параметрах ЭМП в интервале частот ЭЭГ. Другое исследовательское направление определялось сходством модулирующего влияния низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ на возбудимость ЦНС с эффектами нейролептиков и транквилизаторов. Поэтому особый интерес для исследования в качестве мишеней воздействия ЭМИ могут представлять дофамино-, ГАМК-ергические и опиатные системы мозга. В связи с этим нами предпринят анализ механизма действия ЭМИ на функциональный статус ЦНС через дофамино-, ГАМК- и холенергическую медиацию и опиатную систему мозга с использованием нейрофармакологических подходов.

Материалы и методы

Опыты проводились на гибридных (СВА х С57BL6) мышах-самцах (20-22 г). О влиянии ЭМИ на состояние ионных каналов возбудимых мембран судили по чувствительности к судорожному действию пикротоксина, являющегося блокатором ионофорного комплекса, регулирующего проводимость хлорного канала в нейрональных мембранах и детерминирующего возбудимость нервных клеток. Если механизм изменения возбудимости под влиянием ЭМИ связан с транспортными функциями хлорного канала мембран нервных клеток, то в условиях частичной фармакологической блокады канала должен наблюдаться сдвиг во времени развития судорог или полное их отсутствие. С другой стороны, облучая животных в терминальный период, предшествующий развитию судорог, то есть в состоянии судорожной готовности, с помощью пикротоксинового теста можно провести нейрофармакологическую оценку влияния ЭМИ, провоцируя или блокируя судорожный разряд через другие системные механизмы, контролирующие возбудимость ЦНС. С этой целью нами проведена оценка чувствительности к центральным аналептикам – коразолу и бемегриду, которые, по современным данным, повышают натриевую проводимость мембран, подавляют пресинаптическое ингибирование и снижают гиперполяризацию, вызываемую тормозными медиаторами (ГАМК, глицином, таурином, β -аланином).

Пикротоксин вводили внутривенно в дозе 1,8 мг/кг, вызывающей судороги через длительный латентный период (от 10 до 20 минут). При этих условиях хлорные каналы блокируются частично, и время наступления судорог совпадает с моментом, когда утечка хлора из клеток не компенсируется его притоком, что приводит к деполяризации мембраны до критического уровня. Облучение, продолжительностью 20 мин, проводили через 1-2 мин после введения конвульсанта.

Судорожную готовность модулировали путем введения коразола в дозе 50 мг/кг подкожно или внутривенно в виде 0.5% раствора через 9-10 мин после инъекции

пикротоксина. Облучение в этих опытах начинали одновременно с началом инъекции применяемого нейроаналептика (коразола или других препаратов).

Влияние ЭМИ на возбудимость изучалось в условиях непосредственного воздействия, то есть «под лучом». Облучение проводили в безэховой камере при температуре 20-22° С, размещая животных в зоне сформированной волны (3 м) источника микроволн при Е-поляризации поля. Введение препаратов, регистрация появления судорог и их латентного периода осуществлялись с помощью дистанционно управляемого устройства и телевизионного контроля за состоянием животных. Нейрофармакологические агенты вводились с помощью 6-шприцевого микроинъектора, оборудованного системой индивидуальной автоматической подачи и счетчиками введенного объема препарата. Скорость инъекции задавалась в интервале от 0,01 до 1,0 мл/мин. Животных помещали в стаканы из оргстекла, фиксировали в области корня хвоста, канюли вводили в хвостовую вену. Облучение ЭМ полем (5 мин) начинали одновременно с инъекцией фармакологического агента. Регистрировали индивидуальное время появления судорог и объем введенного раствора, по которому рассчитывали индивидуальную судорожную дозу вводимого вещества. О реактивности животных к различным нейротропным веществам в процессе облучения судили по внешне наблюдаемым изменениям в состоянии, например, наступлению наркоза, развитию судорог, расстройств координации и т.п. Появление судорог регистрировали в течение 30 минут. Одновременно облучали по 6 мышей, размещенных по индивидуальным стаканам, чередуя контроль (ложное облучение) с опытом.

Основываясь на полученных ранее результатах, в числе исследуемых вариантов облучения применяли эффективные по влиянию на возбудимость параметры ЭМИ (475 МГц) в диапазоне низких, субтепловых и тепловых интенсивностей (40-5000 мкВт/см²) в режиме импульсных периодических воздействий (меандр) в интервалах α -, β -ритмов (8, 14 Гц) и супраритмов (174 Гц) ЭЭГ. Для опытов с внутривенным титрованием нейроаналептиков использовали наиболее «эффективные» по результатам предварительных опытов параметры облучения по интенсивности и частоте импульсной модуляции. Конкретные параметры воздействия ЭМИ в разных экспериментах приводятся в соответствующих разделах данного исследования.

С целью изучения причастности ГАМК-ергических механизмов в модулирующем влиянии низкоинтенсивного ЭМИ на возбудимость ЦНС применяли феназепам. Феназепам вводили мышам внутрибрюшинно в дозе 0.79 мг/кг, (доза отработана как вызывающая релаксацию промежуточной степени тяжести) непосредственно перед облучением, модулируя таким образом развитие релаксации «под лучом». Время облучения – 30 мин. Непосредственно после воздействия и в течение последующих 60 минут оценивали степень релаксации по балльной шкале по тесту подтягивания на перекладине.

Для тестирования эффектов ЭМИ низкой интенсивности на центральные механизмы действия опиатов исследована реакция Штрауба (загибание хвоста у мышей, обусловленное возбуждением моторных центров мозга). Влияние ЭМИ на реакцию Штрауба, вызываемую промедолом (агонистом мю- и дельта опиатных рецепторов) изучали в двух вариантах экспериментов: при введении промедола после 30-минутного облучения (эффект последствия) и при введении препарата непосредственно перед облучением. Реакцию учитывали по 4-х балльной шкале. Критерием чувствительности к промедолу служила средняя продолжительность реакции (ET₅₀) в мин, определяемая методом пробит-анализа по Литчфильду-Вилкоксону.

Для установления возможной связи эффекта ЭМИ с дофаминэргическим процессом был применен гипотермический апоморфиновый тест, основанный на способности апоморфина в относительно низких дозах стимулировать пресинаптические (тормозные)

рецепторы, активация которых приводит к гипотермическому эффекту. В специально проведенных экспериментах была установлена доза апоморфина, обеспечивающая достаточно стойкий (30 мин.) гипотермический эффект. Эта доза (1 мг/кг) вводилась мышам подкожно непосредственно перед облучением. Контрольным мышам, содержащимся вне камеры в аналогичных климатических условиях, вводили ту же дозу апоморфина (ложное облучение), третья группа животных – физиологический раствор в качестве плацебо (биологический контроль). Ректальную температуру измеряли перед облучением и в динамике на протяжении часа после воздействия.

Функциональное состояние центральных холинергических систем при воздействии ЭМП оценивали по чувствительности к ареколину, введенному в треморогенной дозе – 25 мг/кг. Ареколин вводили подкожно непосредственно после воздействия. Учитывали время появления и длительность тремора. Все результаты экспериментов обработаны статистически с применением параметрических и ряда непараметрических методов анализа.

Результаты и обсуждение

Развитие пикротоксиновых судорог при непосредственном воздействии ЭМИ (через 1-2 минуты после введения пикротоксина) нами исследовано в трех сериях экспериментов при разных значениях интенсивности и частотной модуляции в режиме меандра на 312 мышах. С целью проверки воспроизводимости результатов значения некоторых параметров (режимы облучения) повторялись в трех опытах, что значительно увеличивало объем выборки для статистического анализа. Приведенные результаты (табл.1) показывают, что ЭМИ в данной постановке опыта оказывают в целом ингибирующее влияние на развитие пикротоксиновых судорог. Уменьшение частоты развития судорог и удлинение латентного периода их развития наблюдалось при частоте 8 Гц, но было также и при других вариантах частот, хотя и менее выраженным ($p \leq 0,1$).

Для проверки этой версии нами изучено влияние ЭМИ на судорожный эффект пикротоксина при воздействии поля в терминальный предконвульсивный период. В этих случаях животных начинали облучать через 9-10 минут после внутривенного введения пикротоксина (1,8 мг/кг) и продолжали в течение 5 минут, в которые, как установлено в пикротоксиновом тесте, наблюдается максимум судорожных проявлений. Испытания проведены в 2-3 повторностях при нескольких вариантах частотной модуляции (3, 8, 14 Гц) ЭМИ при пиковой мощности 2000 мкВт/см² и длительности импульса 10 мс, а также в режимах меандра и непрерывной генерации. Результаты этих экспериментов, в суммированном виде представленные в таблице 2, показали, что ЭМИ оказывает безусловный ингибирующий эффект на судорожную готовность мышей при начале

Таблица 1. Влияние импульсно-модулированного ЭМП (475 МГц) разных интенсивностей на судорожный эффект пикротоксина.

Группы	ППЭ, мкВт/см ²		Частота модуляции, Гц	Частота развития судорог ¹⁾	Латентный период судорог, М ± m, сек
	средняя	пиковая			
Контроль	–	–	–	9/12	1220±126
ЭМИ	40	80	8	7/12	1412±113
Контроль	–	–	–	10/12	1280±134
ЭМИ	40	80	174	11/12	1091±108
Контроль	–	–	–	12/12	1133±90
ЭМИ	1000	2000	8	6/12*	1353±138 ^x
Контроль	–	–	–	12/12	897± 81
ЭМИ	1000	2000	174	10/12	1101±130

Контроль	–	–	–	8/12	1330±125
ЭМИ	5000	10000	8	5/12	1553±102
Контроль	–	–	–	11/12	1027±114
ЭМИ	5000	10000	174	11/12	998±111
Контроль	–	–	–	9/12	1264±131
ЭМИ	5000	10000	14	10/12	1012±125
Контроль	–	–	–	10/12	1118±119
ЭМИ	40	80	8	12/12	1018±101
Контроль	–	–	–	11/12	1180±77
ЭМИ	400	800	8	9/12	1310±99
Контроль	–	–	–	8/12	1072±62
ЭМИ	1000	2000	8	7/12	1350±64 ^u
Контроль	–	–	–	10/12	1166±119
ЭМИ	5000	10000	8	9/12	1285±109
Контроль	–	–	–	12/12	778±33
ЭМИ	1000	2000	8	11/12	1155±90 ^u
Контроль	–	–	–	11/12	1054±93
ЭМИ	1000	2000	8	6/12	1445±113 ^u

Примечание: числитель дроби – количество животных, дающих судорожную реакцию, знаменатель – общее число животных; * – $p \leq 0,025$ по критерию ТМФ; ^u – $p \leq 0,05$ по U-критерию Вилкоксона-Манна-Уитни; ^x – $p \leq 0,01$ по t-критерию Стьюдента.

облучения в предконвульсивный период действия пикротоксина, когда, вероятно, в наибольшей степени мобилизуются механизмы, препятствующие развитию спайковой деполяризации нейронов. Указанный эффект проявлялся во всех вариантах облучения уменьшением частоты случаев судорог в подопытных группах мышей и достоверным изменением длительности латентного периода (по критерию "U").

Таким образом, модуляция предсудорожной готовности через механизмы, не связанные с ионофорной функцией хлорных каналов, по-видимому, составляет основу нейроседативного эффекта ЭМИ в пикротоксиновом тесте.

Таблица 2. Влияние воздействия ЭМИ на судорожный эффект пикротоксина «под лучом»

№ серии	Воздействие	ППЭ, мкВт/см ²		Частота модуляции, Гц	τ , мс	Частота развития судорог ¹⁾	Критерий "U", Уф /Уст.
		Средняя	Пиковая				
1	Контроль	–	–	–	–	10/10	–
	ЭМИ	60	2000	3	10	5/9*	17/24*
2	Контроль	–	–	–	–	37/43	–
	ЭМИ	160	2000	8	10	23/43*	526/715*
3	Контроль	–	–	–	–	36/42	–
	ЭМИ	280	2000	14	10	30/48*	685/804*
4	Контроль	–	–	–	–	20/23	–
	ЭМИ	2000	2000	0	–	15/22	143/180*
5	Контроль	–	–	–	–	11/12	–
	ЭМИ	1000	2000	8	62,5	6/12*	29/42*

Примечание: ¹⁾ – в числителе количество животных, дающих судорожную реакцию, в знаменателе – общее число животных;

* – изменение значимо при $p \leq 0,05$; во всех отмеченных случаях продолжительность латентного периода наступления судорог в подопытных группах была больше, чем в контрольных.

Таким образом, модуляция предсудорожной готовности через механизмы, не связанные с ионофорной функцией хлорных каналов, по-видимому, составляет основу нейроседативного эффекта ЭМИ в пикротоксиновом тесте.

ГАМК - ергические процессы. Опыты с пикротоксином явились предпосылкой для целенаправленного изучения действия ЭМИ на системные нейрональные механизмы, определяющие возбудимость ЦНС. Одним из возможных подходов к решению этой задачи является оценка чувствительности к центральным аналептикам – коразолу и бемегриду, которые, по современным данным, повышают натриевую проводимость мембран, подавляют пресинаптическое ингибирование и снижают гиперполяризацию, вызываемую тормозными медиаторами (ГАМК, глицином, таурином, β -аланином).

Опыты показали (табл. 3), что импульсное облучение в указанных режимах, начатое в предконвульсивный период, снижало число судорожных реакций и удлиняло латентное время наступления приступов судорог при оценке по критерию "U".

Для более обстоятельной проверки антиконвульсивного действия ЭМИ был использован метод внутривенного "титрования", позволяющий количественно оценить величину тормозного эффекта по изменению пороговых доз аналептика. Коразол (0,5% раствор) вводили внутривенно одновременно с началом облучения с постоянной скоростью – 0,12 мл/мин. Параметры облучения и результаты исследований представлены в таблице 4. Коразол в данной постановке опыта вызывал судороги у контрольных мышей в интервале доз 33-80 мг/кг, что по длительности введения составляло от 0,5 до 3,5 минут.

Таблица 3. Влияние ЭМИ (475 МГц) на судорожный эффект коразола у мышей (50 мг/кг подкожно) при отсроченном облучении на фоне максимальной судорожной готовности

№ серии	Воздействие	ППЭ, мкВт/см ²		Частота модуляции, Гц	τ, мс	Частота развития судорог ¹⁾	Критерий "U", Уф /Уст.
		Средняя	Пиковая				
1	Контроль	–	–	–	–	6/9	–
	ЭМИ	160	2000	8	10	1/9*	21/22 ^u
2	Контроль	–	–	–	–	5/7	–
	ЭМИ	280	2000	14	10	3/9	14/15 ^u

Примечание: * – достоверные различия с контролем по ТМФ-критерию ($p \leq 0,05$);

^u – $p \leq 0,05$ по критерию "U"; ¹⁾ – см. примечание к таблице 2.

В условиях воздействия ЭМИ отмечалось расширение дозового интервала индивидуальной чувствительности животных к коразолу, а в отдельных случаях судороги отсутствовали даже при инъекции предельного объема конвульсанта (0,5 мл), превышающую дозу, равную 100 мг/кг. Поскольку индивидуальная реактивность к коразолу у мышей весьма переменна, достоверных различий судорожных доз аналептика по t-критерию Стьюдента у контрольных и подопытных животных не выявляется. Однако анализ данных по критерию "U" обнаруживает достоверный сдвиг чувствительности к коразолу у облученных мышей за счет увеличения доли низкорезистивных особей. Аналогичные по сути результаты получены с другим аналептиком сходного механизма действия – бемегридом, как при подкожном его введении с отсроченным вариантом облучения, так и при внутривенном «титровании» одновременно с воздействием ЭМИ.

Таким образом, проведенные серии экспериментов показали, что воздействие слабых импульсных ЭМИ может приводить к изменению паттерна реакции мышей на введение центральных аналептиков (пикротоксин, коразол, бемегрид), в механизме действия которых, по современным данным, играет главную роль взаимодействие с ГАМК-рецепторным комплексом, приводящее к блокаде проводимости хлорного канала в мембранах нейронов. В связи с этим следующим этапом проверки причастности этого комплекса к механизму реализации действия ЭМИ на возбудимость ЦНС явилось применение ГАМК-потенцирующих агентов, в частности, транквилизатора бензодиазепинового ряда – феназепама. Он является ГАМК- потенцирующим агентом и

Таблица 4. Влияние ЭМИ на пороговую чувствительность мышей к коразолу, оцениваемую методом внутривенного титрования "под лучом"

Воздействие	ППЭ, мкВт/см ²		Частота модуляции, Гц	τ, мс	Частота развития судорог ¹⁾	Судорожная доза ²⁾ , мг/кг (M±m)	Критерий "U", Уф /Уст.
	Средняя	Пиковая					
Контроль ЭМИ	–	–	–	–	11/11	51,8 ± 3,9	–
	40	80	8	62,5	9/12	67,1 ± 6,7	42/32
Контроль ЭМИ	–	–	–	–	8/8	64,4 ± 3,1	–
	80	1000	8	10	12/12	75,5 ± 4,9 ^{t*}	26/26*
Контроль ЭМИ	–	–	–	–	12/12	49,5 ± 2,3	–
	160	2000	8	10	12/14	62,3 ± 5,8 ^{t*}	45/51*

Примечание: ^{t*} – $p \leq 0,05$ по t – критерию Стьюдента; * - $p \leq 0,05$.

¹⁾ – см. примечание к табл. 2; ²⁾ – определена методом индивидуального внутривенного титрования.

высокоактивным антагонистом судорожного действия коразола. Феназепам также обладает транквилизирующим и центральным миорелаксирующим эффектом. Оба свойства

обусловлены активацией ГАМК-рецепторного комплекса мембран, молекулярный механизм которого состоит в потенцировании взаимодействия ГАМК с рецептором, ведущего к раскрытию хлорного канала, гиперполяризации клеточной мембраны и гиповозбудимости клетки. В нашем исследовании феназепам использовали в качестве теста для оценки миорелаксического эффекта ЭМИ. Предполагалось, что введение феназепама в дозах, вызывающих мышечную слабость легкой или средней степени выраженности, может проявить скрытую релаксацию, вызванную ЭМИ, в результате фармакологического потенцирования.

Исследования проводились при кратковременном (30 минут) воздействии широкополосного спектра несущих частот (0,475 – 4,0 ГГц) при разных вариантах импульсной модуляции (3-1; 6-3 Гц) с длиной импульса 25 мс и суммарной амплитудой 300 мкВт/см². При этом среднее значение ППЭ варьировало от 8 до 45 мкВт/см², а с учетом видовых характеристик поглощения энергии поля мощность дозы составляла от 3 до 17 Вт/кг, а поглощенная за время облучения энергия не превышала 30 кдж/кг.

Такие параметры мощности воздействия и характеристики импульса обозначили как режим А., эффективность которого подтверждена по этаноловому тесту.

На рис.1 представлена диаграмма частот выявленной индуцированной релаксации у подопытных (2) и ложнооблучённых (1) животных в течение 1 часа после воздействия ЭМИ.

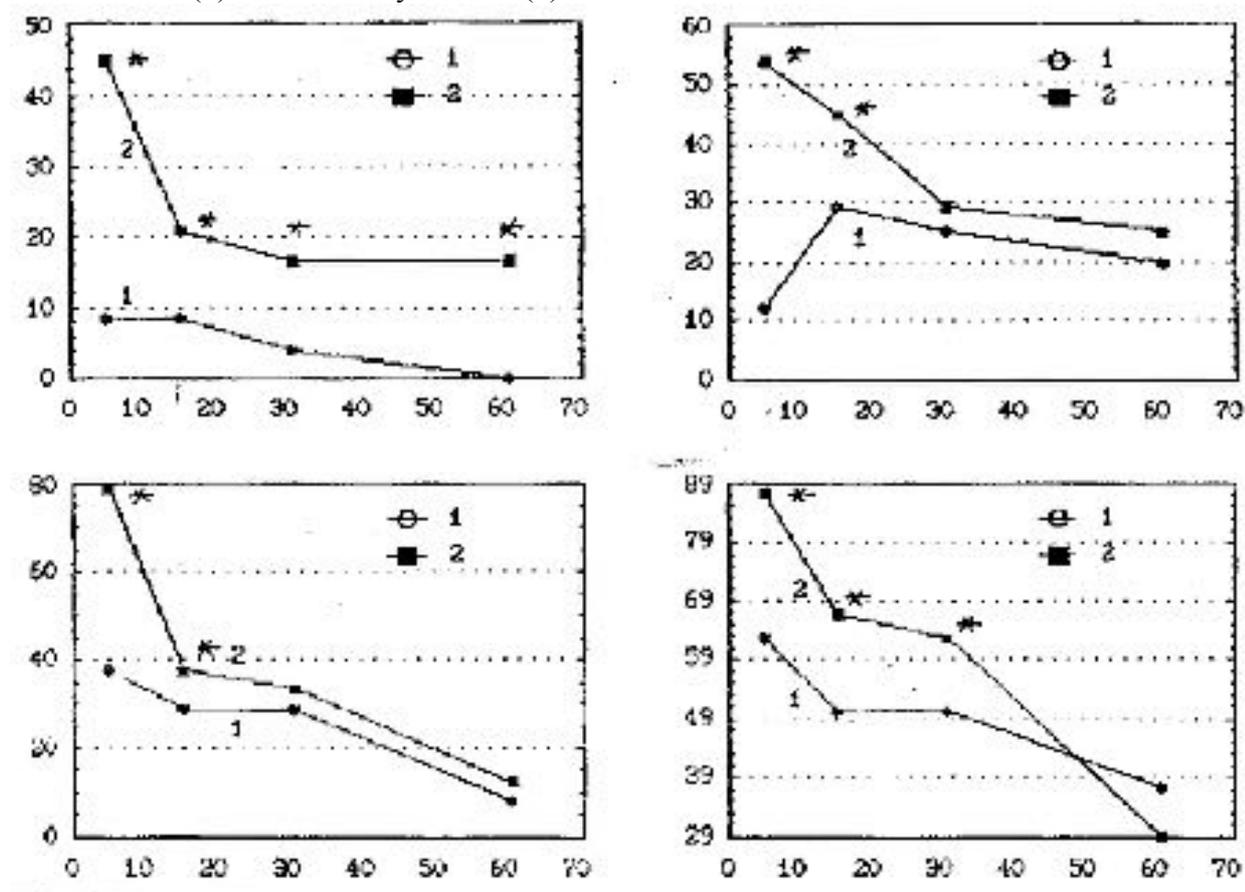


Рисунок 1. Влияние ЭМИ СВЧ в режиме А на миорелаксацию, вызванную феназепамом.

По оси абсцисс - время после облучения в мин., ось ординат - процент животных с релаксацией III+IV степеней (слева) и суммарный процент релаксации (справа).

1 – контроль; 2 – ЭМП (0,475 – 4,0 ГГц); Верхний ряд - модуляция от 3 до 1 Гц, нижний ряд – от 6 до 3 Гц. * - P < 0,05 по ТМФ.

Как видно, ЭМИ указанных параметров потенцирует миорелаксанта́ный эффект феназепам. Таким образом, низкоинтенсивное облучение может индуцировать скрытые дистонические явления, обнаруживаемые фармакологическим потенцированием. Выявленные эффекты имеют большую функциональную значимость, и свидетельствуют о том, что реализация воздействия ЭМИ на возбудимость ЦНС может осуществляться через медиаторные механизмы, в частности, через ГАМК-рецепторные комплексы.

Дофаминергические механизмы. Для установления возможной связи эффекта ЭМИ с дофаминергическим процессом был применен гипотермический апоморфиновый тест, основанный на способности апоморфина в относительно низких дозах стимулировать пресинаптические (тормозные) рецепторы, активация которых приводит к гипотермическому эффекту.

В данных опытах использовали СВЧ-облучение в течение 30 минут при тех же параметрах мощности и частоты модуляции (режим А). Данные, представленные на рис.2, показывают, что ЭМИ СВЧ потенцирует гипотермический эффект апоморфина, влияя тем самым на дофаминергические процессы медиации.

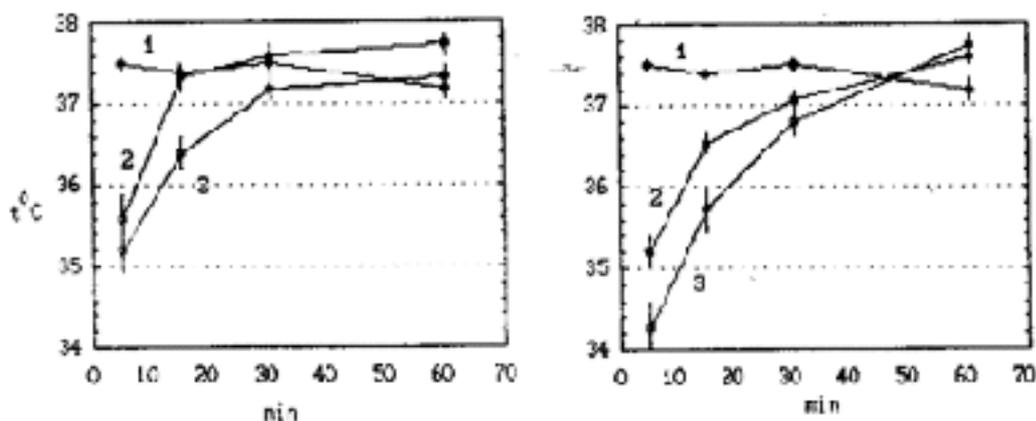


Рисунок 2. Влияние широкополосного (0.475 – 4.0 ГГц) низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ в режиме А при модуляции 6 - 1Гц (слева) и 3 – 1 Гц (справа) на гипотермический эффект апоморфина.

по осям абсцисс - время последействия; по осям ординат - температура тела в °С.
 1 - биологический контроль (плацебо), 2 - апоморфин (1м /кг, п/к) + ложн. облучение
 3 - апоморфин +ЭМИ.

Холинергические механизмы. Известно, что действие многих психоактивных веществ связано с модуляцией холинергических процессов мозга. В частности, центральные холинолитики являются транквилизаторами, противосудорожными и психомимическими агентами. Применяя в качестве центрального холиномиметика ареколин в треморогенной дозе (25мг/кг) непосредственно после облучения ЭМП и оценивая время появления и длительность тремора, можно судить о функциональном состоянии центральных холинергических систем при воздействии ЭМП.

Мышей облучали в режиме А при модуляции 3 - 1, 6 - 3 и 7 Гц. Данные, представленные на рис. 3, показывают, что воздействие ЭМИ при всех трех вариантах режима изменяет реакцию мышей на ареколин. Режим 3 - 1 несколько ослабляет эффект ареколина (по критерию U), другие режимы треморогенный эффект усиливают ($P \leq 0.05$ по критерию t и U). Нейрофизиологический смысл подобной неоднозначности действия близких

по структуре режимов ЭМИ заслуживают дальнейшего изучения. В целом полученные результаты теста подтверждают участие холинергических механизмов в реализации нейротропного действия низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ.

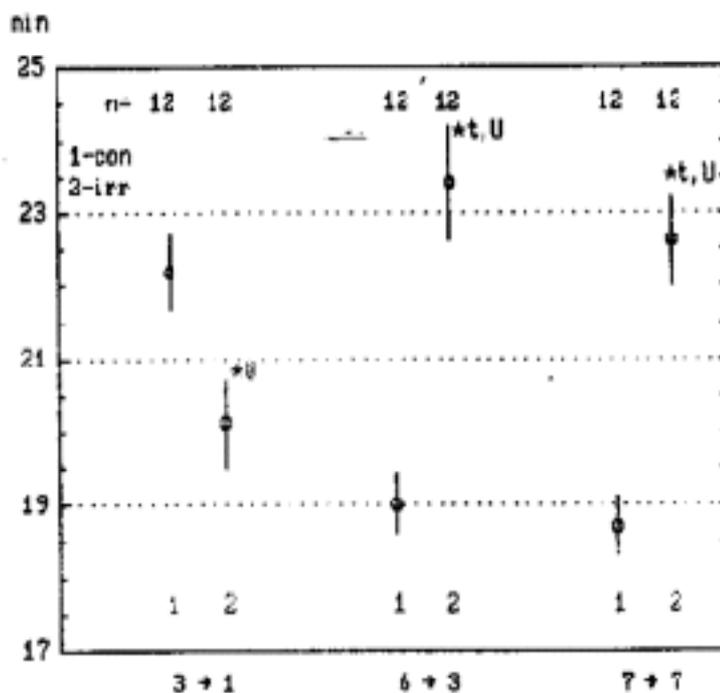


Рисунок 3. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ СВЧ в режиме А на треморогенный эффект центрального М-холиномиметика ареколина

По оси ординат - длительность тремора в мин. ($M \pm m$), по оси абсцисс - ритмы импульсной модуляции; 1 - контроль, 2 - ЭМП. * - $P < 0.05$ по критериям t, U, F.

Опиатные системы. Ранее нами было установлено, что воздействие ЭМИ субтепловых и тепловых мощностей повышает чувствительность крыс к болевому термораздражителю (по тесту отдергивания хвоста), при этом никаких проявлений последствия гипоанальгетического типа не было обнаружено. При низкоинтенсивном облучении (475 МГц, импульсная модуляция) влияние ЭМИ на ноцицептивную чувствительность животных вообще не было обнаружено.

Роль опиатных механизмов мозга, как известно, не ограничивается регуляцией болевого восприятия: опиатные пептиды являются модуляторами поведения и психофизиологического статуса у млекопитающих. В связи с этим в данной работе была проведено тестирование эффектов ЭМИ низкой интенсивности на центральные механизмы действия опиатов, не связанных с болевой чувствительностью.

В качестве такого альтернативного механизма исследована реакция Штрауба (загибание хвоста у мышей, обусловленное возбуждением моторных центров мозга). Определение чувствительности к промедолу, отключающему μ - и Δ -опиатные рецепторы, по длительности реакции Штрауба (ET_{50}), показало, что потенцирование эффекта промедола отмечено в период последствия, а чувствительность к препарату «под лучом» изменяется в обратном направлении. Полученные результаты позволяют считать, что ЭМИ СВЧ низкой интенсивности способно модифицировать функцию опиатных систем мозга, участвующих в реализации психомоторного возбуждения опиатного генеза – подавлять или

активизировать эти две системы в зависимости от условий воздействия и организации режима облучения. Это позволяет рассматривать опиатные механизмы мозга как мишени для воздействия электромагнитных полей.

Таким образом, проведенный в экспериментах на мышах нейрофармакологический анализ позволяет обоснованно заключить, что, кратковременное воздействие импульсного ЭМИ нетепловой интенсивности может оказывать модулирующее влияние на дофамино-, холино-, ГАМК-, опиатные медиаторные системы мозга, играющие важнейшую роль в организации высшей нервной деятельности и психофизиологического гомеостаза. Выявленные эффекты проявляются как в период острого микроволнового облучения, так и ближайший период последствия. Их выраженность и даже направленность зависит от тонкой модификации ряда физических параметров и временной организации облучения. Особый интерес в качестве «мишеней» воздействия ЭМИ на центральную нервную систему могут представлять дофамино-, ГАМК-ергические и опиатные механизмы.

Литература

1. Акоев И.Г. Некоторые итоги и очередные задачи электромагнитобиологии. В сб.: "Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии". Тез. докл. Пушино, 1983. С.3-34.
2. Акоев И.Г., Пашовкина М.С., Долгачева Л.П. и др. Ферментативная активность некоторых тканей и сыворотки крови животных и человека при воздействии микроволн и гипотеза о возможной роли свободнорадикальных процессов в нелинейных эффектах и модификации эмоционального поведения животных. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2002, т. 42, № 3. С. 322-330.
3. Григорьев Ю.Г., Лукьянова С.Н., Макаров В.П. и др. Двигательная активность кроликов в условиях хронического импульсного облучения микроволнами низкой интенсивности. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1995, т. 35, № 1. С. 29-35.
4. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Иванов А.А., Лягинская А.М. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента). Сообщения 1, 2, 3, 4, 5. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2010, т. 50, № 1. С. 5-36.
5. Григорьев Ю.Г. Роль модуляции в биологическом действии ЭМП. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1996, т. 36, № 5. С. 659-670.
6. Григорьев Ю.Г. Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах. В сб.: "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений". М. 2004. С. 16-73.
7. Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н. и др. Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС. Ж. Радиация и риск. 2011, т.20, № 2. С. 64-74/
8. Журавлев Г.И., Федотчев А.И., Семенова Т.П. Влияние прерывистых ЭМИ СВЧ на ЭЭГ и функциональное состояние животных. В сб.: "4-й съезд по радиационным исследованиям". М. 2001. С. 787.
9. Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф. Сравнительные биологические эффекты непрерывного и импульсного радиочастотного излучения. В сб.: "3-й съезд по радиационным исследованиям". Пушино. 1997. С. 64-65.

10. Лобанова Е.А. Изменения условно-рефлекторной деятельности крыс в зависимости от интенсивности и длительности микроволнового облучения. Ж. Гигиена труда и проф. заболеваний. 1979, № 12. С. 30-33.
11. Лукьянова С.Н., Рынсков В.В., Макаров В.П. Реакция нервной сенсомоторной области коры головного мозга кролика на низкоинтенсивное импульсное СВЧ-излучение. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1995, т. 35, № 1. С. 53-56.
12. Лукьянова С.Н., Макаров В.М., Рынсков В.С. Зависимость изменений суммарной биоэлектрической активности головного мозга на низкоинтенсивное МКВ-облучение от плотности потока энергии. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1996, т. 36, № 5. С. 706-709.
13. Лукьянова С.Н., Моисеева Н.В. К анализу импульсной биоэлектрической активности коры головного мозга кролика в ответ на низкоинтенсивное мкв-облучение. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1998, т. 38, вып. 5. С. 763-768.
14. Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В. и др. Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности. Ж. Радиация и риск. 2010, т.19, № 3. С. 104-119.
15. Пестряев В.А. Управляемое воздействие импульсного электромагнитного поля на центральную нервную систему. Ж. Биофизика. 1994, т. 39, вып. 3. С. 515-518.
16. Пестряев В.А. Некоторые изменения биоэлектрической активности головного мозга при коротких регулируемых воздействиях импульсных электромагнитных полей. Ж. Биофизика. 2003, т. 48, вып. 4. С. 733-739.
17. Рынсков В.В. Влияние низкоинтенсивного микроволнового облучения в непрерывном режиме на поведение белых крыс. Ж. Радиобиология. 1985, № 1. С. 114-116.
18. Садчикова М.Н., Глотова К.В., Снегова Г.В. и др. Клиника и лечение радиоволновой болезни. В сб.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. М. 1972. С. 14-15.
19. Семин Ю.А., Шварцбург Л.К., Дубовик Б.В. Изменение вторичной структуры ДНК под влиянием внешнего электромагнитного поля малой интенсивности. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1995, Вып. 1. С. 36-41.
20. Семин Ю.А., Шварцбург Л.К., Жаворонков Л.П. Влияние электромагнитного излучения на вторичную структуру ДНК. В сб.: Тезисы II съезда по радиационным исследованиям. Москва. 2001. С. 794.
21. Семин Ю.А., Шварцбург Л.К., Жаворонков Л.П. Зависимость эффекта ослабления микроволнами вторичной структуры ДНК от молекулярной массы полинуклеотида. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2002, т. 42, № 2. С. 186-190.
22. Субботина Т.И. Хадарцев А.А., Яшин М.А. и др. Воздействие на крыс высокочастотного электромагнитного излучения, модулированного частотами Δ -ритма головного мозга. Ж./ Бюлл. экспер. биол. и мед. 2004, т. 137, № 6. С. 484-485.
23. Суровикина Т.Б., Караш И.А. Новое в морфологии и клинической патологии вегетативной нервной системы. Л. 1974. С. 70-76.
24. Тягин Н.В. Клинические аспекты облучения СВЧ диапазона. Л. "Медицина". 1971. 174 с.
25. Холодов Ю.А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. 1996. М. "Наука". 284 с.
26. Холодов Ю.А. Неспецифическая реакция нервной системы на неионизирующие излучения. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 1998, т. 38, № 1. С. 121-124.
27. Borbeley A., Huber R., Graft T. et. al. Pulsed high frequency electromagnetic fields affect human sleep and sleep electroencephalogram // Neuroscience Letters. 1999. 275. P. 207-210.

28. Elder J.A. Biological effects of nonionizing radiation // 2nd joint US / USSR Symp. on the comprehensive analysis of the environment. Honolulu. October 21-26, 1975. Washington, D.C. 20460. P. 68-74.

29. Frey A.H., Feld S.R.. Avoidance by rats of illumination with low-power non-ionizing electromagnetic energy // J. Comp. Physiol. Psychol. 1975. V. 89, № 2. P. 183-188.

30. Frochlich H. Long-range coherence and energy storage in biological system // Int. Quant. Chem. 1968. V. 2, № 5. P. 641-649.

31. Lai H., Horita A., Choy C.K. et al. Low-level microwave irradiation attenuates nalaxone-induced withdrawal syndrome in morphine-dependent rats // Pharmacol. Biochem. Behav. 1986. V. 24, № 1. P. 151-153.

NEUROPHARMACOLOGICAL ANALYSIS OF POSSIBLE MECHANISMS OF THE MODIFICATION ACTION OF LOW INTENSITY EMR ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE CNS.

*Zhavoronkov L.P.¹, Dubovick B.V.², Pavlova L.N.¹, Kolganova O.I.¹,
Posadskaya V.M.¹*

¹ Medical Radiological Research Center of the Russian Ministry of health and Social Development.
Russia, Obninsk;

² Belarussian State Medical University, Minsk

Mechanisms of reactions of the central nervous system on short-term influence of the impulse-modulated microwaves from one or several sources with carrying frequencies from 0.475 up to 4.0 GHz at pulse frequencies in the interval rhythms of EEG and the levels of the mean energy flux density not more than 50 $\mu\text{W}/\text{sm}^2$ were analyzed. It was established that 10-30 min exposure can render a modulating influence on functions of ionic channels of neuronal membranes as well as on dopamine-, choline-, GABA-ergic and opiate mediator systems of the brain. The revealed effects are registered both as during an irradiation and during the nearest period of aftereffect at the certain combinations of values of carrying frequencies and parameters of pulse modulation. It is concluded that the leading mediator system of the brain participate in realization of neurotrophic effects of low intensity EMR.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ НАНОЭЛЕКТРОПОРАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕРАПИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Григорьев О.А., Меркулов А.В., Степанов В.С., Прокофьева А.С.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Последние пять-семь лет характеризуются резким ростом научного и практического интереса к проблеме электропорации – электрического пробоя биологических мембран (БМ), прежде всего, мембран клеток под воздействием импульсного электромагнитного поля (ИЭМП). Так, в 2005 году сформировался международный исследовательский консорциум биоэлектриков, в который вошли Университет Олд Доминьон (США), Университет Кумамото (Япония) и Университет Карлзруэ (ФРГ). В 2006 к консорциуму присоединились Университет Миссури (США) и Институт физики низкотемпературной плазмы (ФРГ).

Главным образом, это обусловлено тем, что многочисленные исследования, начало которым было положено, в том числе, и в нашей стране в 1970-х годах, привели к накоплению достаточного количества данных, чтобы конвертировать научные результаты в инновационные разработки. Освоено применение электропорации электромагнитными импульсами миллисекундной и микросекундной длительности для проведения стерилизации, загрузки клеток биологически активными веществами, изменения внутриклеточного ионного состава, электротрансформации и электрослияния клеток [1–7].

Имеющиеся на сегодняшний день данные литературы свидетельствуют о возможности проведения управляемой электропорации БМ с помощью ИЭМП. В зависимости от параметров воздействующего электромагнитного импульса (или серии импульсов) можно получать различное количество стабильных либо самозатягивающихся сквозных пор, которые не являются ионно-селективными. При этом время жизни самозатягивающихся пор лежит в интервале от нескольких секунд до нескольких часов. Время существования и размер пор достаточны, чтобы ионы вещества проникали из внешней среды в клетку в результате действия осмотических сил [7, 8].

Одним из наиболее актуальных и перспективных направлений научных исследований, проводимых за рубежом, является использование наносекундных электромагнитных импульсов для проведения электропорации БМ (наноэлектропорация). В этом случае малое время воздействия, много меньшее, чем время рекомбинации зарядов в клетке, позволяет создать значительную напряженность электрического поля, достаточную для порообразования в клетках всего объема биологического объекта, подвергающегося экспозиции. При этом практически отсутствует выделение тепла в тканях объекта, т.е. воздействие ИЭМП является нетепловым. Имеются данные о создании генераторов пикосекундной длительности. Характерные особенности наноэлектропорации позволяют рассматривать её как один из потенциальных современных малоинвазивных способов терапии онкологических заболеваний [9, 10, 11–16]. В 2009 году группа исследователей Центра им. Ф. Риди (США), возглавляемая профессором А. Пахомовым, получила грант от Министерства здравоохранения США на научно-исследовательскую работу под названием "Гибель клеток под воздействием высоковольтных наносекундных электрических импульсов" [13, 17]. Применение наноэлектропорации БМ в различных биомедицинских технологиях стало возможным благодаря современным достижениям в развитии импульсной техники.

Цель настоящей работы – обзор методов управляемой электропорации мембран выбранных видов клеток с помощью наносекундных электромагнитных импульсов. Полученные результаты могут найти применение при планировании и проведении дальнейших научно-исследовательских работ по изучению и применению процесса наноэлектропорации в различных областях медицины и биологии, в том числе, при лечении онкологических заболеваний. Критериями для отбора публикаций служили: дата публикации не ранее 1996 года; ключевые слова – электропорация, электропоратор, electroporation, electroporation apparatus, electroporation devices, methods of electroporation. Обращает внимание, что значительная часть результатов исследований защищена как объект интеллектуальной собственности при помощи патента, причем 9 из 10 патентов зарегистрированы в США.

Анализ публикаций показывает, что исследования проводятся по следующим основным направлениям:

- электрофизические свойства клеток и тканей при воздействии ИЭМП;
- модели процесса электропорации БМ;
- физико-химические и биологические основы электропорации БМ;
- оборудование для электропорации БМ;
- практическое применение электропорации БМ.

Активные исследования по применимости методов электропорации в терапии онкологических заболеваний разрабатывают несколько направлений:

- уничтожение раковых клеток с помощью необратимой электропорации [18, 19];
- с внедрением различного рода цитотоксичных веществ [20–22];
- прекращение кровоснабжения поврежденных тканей [23].

При использовании метода, основанного на уничтожении клеток при помощи необратимой электропорации, раковые клетки уничтожаются не с помощью тепла, а вследствие наличия и увеличения в их мембранах повреждений, не соизмеримых с их жизнью. В таких случаях применяют микро- и миллисекундные электрические импульсы. Также было обнаружено, что использование нескольких импульсов оказывается более эффективным для удаления раковых клеток, чем применение с той же энергией в одном импульсе [19, 24]. В 2009 году на международной конференции в Давосе сообщалось об успешном проведении экспериментов на мышах при использовании наносекундного ИЭМП [25].

Также рассматривается возможность внедрять в пораженные клетки не только лекарства, но и антигены, полученные с помощью электропорации, как продукт слияния дендритных клеток с опухолевыми клетками. Дендритные клетки являются иммуноактивными. Они могут иметь на поверхности антигены, и в зависимости от типов этих антигенов, проявляют различные иммуностимулирующие свойства. Продукты синтеза дендритных и опухолевых клеток могут быть использованы в лечении рака. Лечение может вестись, например, с использованием электропорации. Но в этом случае ее целью будет внедрение антигенов в раковые клетки [22].

В 2006 г. опубликованы данные о возможности уничтожать клетки меланомы с применением наносекундного импульсного воздействия (20 кВ/см, 300 нс). Исследования проводились с использованием многоклеточной модели с близко расположенными клетками нерегулярной формы. Также при электропорации с использованием ИЭМП с напряженностью электрического поля 1 кВ/см и длительностью импульса 100 мкс, происходит пространственное гетерогенное распределение пор. И напротив, импульс, разрушающий клетки меланомы, вызывает квазигомогенную электропорацию клеток и их ядерных мембран. Электропоры сохраняются дольше, чем существует импульс, что является

важной составляющей механизма некроза клеток [26]. В 2008 г. К. Шоэнбах, научный сотрудник Центра им. Ф. Риди, подтвердил возможность уничтожения раковых клеток и ремиссии меланомы кожи мыши благодаря необратимой электропорации микросекундными электрическими импульсами без использования лекарственных средств [27]. В 2009 году им было заявлено о создании метода с использованием специальных антенных систем для терапии опухолей внутри тела. Данные системы способны создавать интенсивное ИЭМП на определенном расстоянии от поверхности кожи [28].

Исследовательской группе из Университета Саутгемптона (Соединенное Королевство) удалось добиться увеличения содержания антител у пациентов с раком простаты. Для их лечения использовалась экспериментальная ДНК-вакцина, созданная с применением электропорации [29, 30].

В январе 2009 года компанией "Angio Dynamics" (США) было разработано устройство, позволяющее безболезненно для пациента избирательно убивать раковые клетки. Данный прибор может работать как в режиме обратимой электропорации для ввода химеотерапевтических средств, так и в режиме необратимой электропорации, в результате которой разрушается мембрана клетки и происходит ее гибель. Устройство "NanoKnife" ("НаноНож") было допущено к использованию в США, им оснащены уже 17 медицинских центров по всему миру. Устройство было опробовано на 37 пациентах [31, 32].

Наиболее успешным считается использование электропорации при лечении меланомы [27, 31–37].

Среди исследований процесса электропорации стоит выделить исследования группы ученых Центра им. Ф. Риди и Университета Олд Доминьон под руководством Р. Хеллера. В 2008 г. были опубликованы результаты испытаний на человеке метода терапии рака кожи с помощью генного переноса при помощи коротких электрических импульсов. Исследования показали не только регрессию меланомы кожи, но и, при вторичной ДНК-электропорации, регрессию отдельных новообразований, которые до этого не подвергались лечению [33].

В исследованиях, проводившихся в Онкологическом Центре Ли Моффита, а также в исследовательском центре при Университете Южной Флориды (США), в поражённые меланомой участки кожи вводился иммунотерапевтический материал ДНК, затем данные участки подвергались обработке короткими электрическими импульсами. Оборудование для генерации импульсов было поставлено компанией "Inovio". В ходе испытаний использовалась плазмидная ДНК IL-12, которая является цитокином, стимулирующим адаптивный и врождённый иммунитет. Результаты биопсии материала после проведения лечения показали 50 %-й некроз раковых клеток, 32 % из которого является полным некрозом опухоли. Ко всем пациентам было применено 7-миуровневое дозовое воздействие с минимальной системной токсичностью. Единственным недостатком данного метода являются кратковременные болевые ощущения после электропорации. Результаты биопсии, взятой после лечения, показали пропорциональное увеличение уровня плазмид на уровне белка IL-12. Результаты двоих из 19 пациентов, у которых не проводилась электропорация отдалённых новообразований, показали полную регрессию всех метастаз, а у 8 пациентов регрессия носила частичный характер [38].

Кроме публикаций статей реферируемых журналов, нами проанализированы 74 патента на предмет описания области применения и используемых методов, технических решений и технологий. Содержание 46 из них лежит в области технологии внедрения веществ, в нормальном состоянии не проходящих через БМ, в клетки и ткани. В настоящее время разработаны методы и устройства внедрения макромолекул, введение магнитных частиц и генов внутрь клетки. Данный процесс протекает в три стадии: создание пор,

проницаемых для вводимого вещества; введение данного вещества в цитозоль клетки; восстановление мембранного барьера клетки [39–66].

В конце 1980-х – начале 1990-х годов был разработан метод изучения электропорации с помощью импульсного лазерного флуоресцентного микроскопа, который позволяет получить картину в субсекундном разрешении, что полезно для анализа электропорации. В результате исследования было обнаружено, что максимальное порообразование наблюдалось в околэлектродной области [67, 68]. В 2009 году в Китае с помощью атомно-силового микроскопа смогли напрямую увидеть новообразованные поры в мембране клетки - см. рисунок 1 [69].

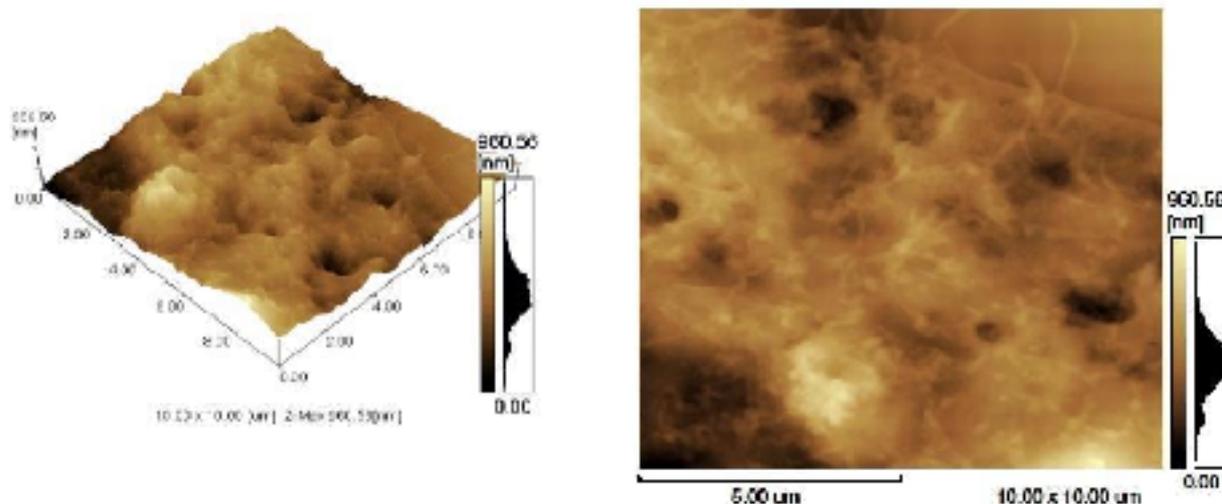


Рисунок 1 – Поры в мембране клетки, полученные в процессе электропорации (по данным [69]).

В 2002, 2003 и 2010 годах группой исследователей из Университета Южной Флориды под руководством Р.Хеллера был запатентован ряд технических устройств, предназначенных для транспортирования крупных молекул внутрь клетки с помощью электропорации. Для достижения этой цели используют методику воздействия тремя ИЭМП разной интенсивности. Первый тип ИЭМП обладает интенсивностью, достаточной для манипулирования молекулами в ткани. Второй тип ИЭМП, обладающий высокой интенсивностью, увеличивает проницаемость клеточной мембраны в ткани (электропорировывает клетки ткани). Третий тип ИЭМП применяют для дальнейшего транспорта молекул в электропорированную клетку. Устойчиво адаптированы для переменного, постоянного, импульсного переменного и импульсного постоянного токов [21, 63, 70, 71].

В 2005 году были обнаружены вещества, которые улучшили прохождение вводимых соединений в клетку с помощью электропорации. Ими оказались щелочноземельные металлы [72], использование которых в целях терапии также запатентовано.

Также запатентованы методики по применению электропорации *in vivo*. В соответствии с данными методиками блоки электродов различных конструкций располагаются либо на пораженные участки ткани, либо вблизи ее поверхности [20, 21, 71, 73].

Имеются патенты на методику поражения клетки внедрением не только лекарственных средств, но и антигенов, которые были получены с помощью электропорации, как продукт слияния дендритных клеток с опухолевыми клетками [22]. Отдельно выделяется

запатентованный способ терапии рака с помощью электропорации, при котором прерывается кровоснабжение опухоли [23].

Для проведения различного рода экспериментов, в том числе для подготовки культуры клеток к дальнейшим манипуляциям, могут быть использованы мультипораторы [74–76].

Обращаем внимание, что электропорация используется не только в медицине, но и в биотехнологии.

В конце 1990-х гг. была запатентована методика по трансформации микроорганизмов с помощью электропорации. Данный метод заключается в использовании электрического заряда с напряженностью электрического поля 12–14 кВ/см для проникновения плазмидной ДНК внутрь бактериальных клеток. А в начале 2000-х гг. были запатентованы методики по слиянию клеток с помощью той же электропорации [22, 38, 77].

На основании проведенного анализа сделаны следующие выводы:

1. для описания процесса электропорации возможно применение модели электрического пробоя тонкослойного диэлектрика, а импульс наносекундной длительности является наиболее эффективным для получения пор с различным временем существования;
2. методам транспортировки различных химических веществ в клетку через ее биологическую мембрану содержится в 62% проанализированных патентах;
3. в запатентованных методиках электропорацию предлагается проводить, в основном, с использованием микро- и миллисекундной длительностью импульсов электрического поля, однако в последние годы увеличивается количество патентов, описывающих электропорацию с применением ИЭМП наносекундной длительности;
4. разрабатываемые методы терапии онкологических заболеваний человека с помощью электропорации основываются: на уничтожении раковых клеток с помощью необратимой электропорации; на внедрении цитотоксичных препаратов; на прекращении кровоснабжения опухолевых тканей. В любом случае это позволит увеличить эффективность и избирательность, а также снизить побочное токсическое действие химиотерапии, либо не применять ее вообще.

Исследование процесса наноэлектропорации является современным, перспективным научно-практическим направлением, но пока, к сожалению, не получившим развития в Российской Федерации.

Литература

1. Kinosita K., Tsong T.Y. // *Nature*. 1978. Vol. 272. P. 258-260.
2. Knight D.E., Baker P.F. // *J. Membrane Biol.* 1982. Vol. 68. P. 107–140.
3. Neumann E., Schaefer-Ridder M., Wang Y., Hofschneider P.H. // *EMBO J.* 1982. Vol. 1. P. 841–845.
4. Sale A.J.H., Hamilton W.A. // *Biochim. et biophys. acta.* 1967. Vol. 148. P. 781–788.
5. Senda M., Takeda I., Abe S., Nakamura T. // *Plant Cell. Physiol.* 1979. Vol. 20. P. 1441–1443.
6. Zimmermann U. // *Rev. Physiol. Biochem. and Pharmacol.* 1986. Vol. 105. P. 175–256.
7. Zimmermann U., Vienken J., Pilwat G. // *Bioelectrochem. and Bioenerg.* 1980. Vol. 7. – P. 553–574.
8. Kinosita K., Tsong T.Y. // *Nature*. 1977. Vol. 268. P. 438–441.
9. Cemazar M., Jarm T., Miklavcic D. et al. // *Electro- and Magnetobiology.* 1998. Vol. 17. P. 263–272.

10. Gehl J. // *Acta Physiol. Scand.* 2003. Vol. 177. P. 437–447
11. Ibey B.L., Xiao S., Schoenbach K.H. et al. // *Bioelectromagnetics.* 2009. Vol. 30 (2). – P. 92-99.
12. O'Hare M.J. et al. // *Electrochemotherapy, Electrogenetherapy and Transdermal Drug Delivery.* Eds. M.J. Jaroszewski, R. Heller, R. Gilbert. – Totowa, NJ: Humana Press Inc., 2000.
13. Pakhomov A.G., Bennett L. Ibey B.L., Bowman A.M. et al. // *Proceed. BIOEM-2009 Joint meeting of BEMS and EBEA.* Davos, Switzerland, 14-19 June, 2009. P. 180–181.
14. Pakhomov A.G., Shevin R., White J.A. et al. // *Arch. of Biochem. and Biophys.* 2007. Vol. 465. P. 109.
15. Saulis G., Saulè R. // *Proceed. BIOEM-2009 Joint meeting of BEMS and EBEA.* Davos, Switzerland, 14–19 June, 2009. P. 393–394.
16. Vernier P.T., Sun Y., Chen M.-T. et al. // *Bioelectrochemistry.* 2008. Vol. 73. P. 1–4
17. Pakhomov A.G., Ibey B.L., Bowman A.M. et al. Nanosecond-duration electric pulses open nanometer-size pores in cell plasma membrane. / *Medical Physics and Biomedical Engineering, World Congress 2009, Sept. 7–12, Munich, Germany. IFMBE Proceedings.* Vol. 25/XIII. P. 17–20.
18. Biophysical research group at department biology. VDU Scientific Research Biomedical Sciences. <http://www.docstoc.com/docs/36001468/VDU-SCIENTIFIC-RESEARCH-BIOMEDICAL-SCIENCES>.
19. Miller L., Leor J., Rubinsky B. Cancer cells ablation with irreversible electroporation. // *Technology in Cancer Research & Treatment.* Vol. 4, № 6. 2005, December. P. 1–7.
20. Patent US 6,418,341 B1: Needle electrode assembly for electroporation mediated delivery of genes and drugs. Gunter A. Hofmann, Richard A. Gilbert, Richard Heller, Mark J. Jaroszeski. Genetronics, Inc., San Diego, CA (US). – 2002. Jul., 9.
21. Patent US 6,569,149 B2: Method of treatment using electroporation mediated delivery of drugs and genes. S.B. Dev, Gunter A. Hofmann, Richard A. Gilbert, Richard Heller, Mark J. Jaroszeski. Genetronics, Inc., San Diego, CA (US); The University of South Florida Research Foundation, Inc., Tampa, FL (US). – 2003. May, 27.
22. Patent US 7,008,787 B2: Chamber for the treating cells contained in a suspension in an electric field. Boris V. Beichman, Olaf Faustmann, Kurt Lucas, Chistian Taesler, Nico Gülzow, Wolfgang Hans-Joachim Ricklefs, Nada Pavlovic. Eppendorf AG, Hamburg (DE). – 2006. Mar., 7.
23. Patent US 2009/0326436 A1: Electroporation to deliver chemotherapeutics and enhance tumor regression. Boris Rubinsky, Jon Edd, Liana Horowitz. UC Berkeley – OTL Bozicevic, Field & Francis LLP, CA (US). – 2009. Dec., 31.
24. Deng J., Schoenbach K.H., Buescher E.S. et al. The effects of intense submicrosecond electrical pulses on cells. // *Biophysical journal.* 2003, Apr. P. 2709–2714.
25. Nuccitelli R., Sheikh S., Tran K. et al. Using Nanosecond Pulsed Electric Fields to Treat Basal Cell Carcinomas in Mice / *Joint Meeting of The Bioelectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association.* – Davos, 2009, Jun. 14–19. P. 8–5.
26. Gowrishankar T.R., Weaver J.C. Electrical behavior and pore accumulation in a multicellular model for conventional and supra-electroporation. // *Biochemical and biophysical research communications.* 2006, Oct. P. 643–653.
27. Schoenbach K.H., Xiao S., Camp J.T. Subnanosecond electrical pulses for medical therapies and medical imaging. / *Proceedings of the 2008 Power Modulator Conference, Las Vegas, NV.* P. 60.
28. Schoenbach K.H., Xiao S., Camp J.T. et al. Wideband, high-amplitude, pulsed antennas for medical therapies and medical imaging. / *Proc. 2009 International Conference on*

- Electromagnetics and Advanced Applications (ICEAA'09), Torino, Italy, September 14–18.
29. Haluska F.G. A Phase I/II. Trial investigating the safety and immunotherapy of adenovirus encoding the melan-a/mart-1 and gp100 melanoma antigens administered intradermally to patients with stage II-IV melanoma. Southampton University Publisher. 2009. Nov.
 30. Inovio Pharmaceuticals, Inc. A Phase I. Investigation of the Safety, Tolerability and Immunogenicity of V934/V935 hTERT Vaccination in Cancer Patients With Selected Solid Tumors. 2008. September 15.
 31. Angio Dynamics Inc. A safety evaluation of the NanoKnife low energy direct current (LEDC) system in subjects with locally advanced unresectable pancreatic cancer. A Pilot Study. 2011. June.
 32. <http://www.angiodynamics.com/products/nanoknife>.
 33. Bodles-Brakhop A.M., Heller R., Draghia-Akli R.. Electroporation for the delivery of DNA-based vaccines and immunotherapeutics: current clinical developments. // Journal of Clinical Oncology. 2008. Nov., 24. P. 585–592.
 34. Gowrishankar T.R., Esser A.T., Vasilkoski Z. et al. // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2006. Vol. 341. P. 1266-1276.
 35. <http://electrochemotherapy.org/index.php>.
 36. <http://www.invitrogen.com/>
 37. Lee H. Genetronics Biomedical Corp. Moffitt cancer center and genetronics initiate Phase I clinical trial in patients with malignant melanoma. San Diego, CA and Tampa, FL (US). – 2005. Jan., 13.
 38. ODU's Heller Among Scientists Reporting Success Using Electroporation Gene Transfer Against Human Melanoma. 2008. Nov., 25.
 39. Патент RU 2,052,505: Способ трансформации микроорганизмов. Супотницкий М.В., Полевщиков С.Н., Желнина Т.Б., Зеленина Л.В.. – 1996. Январь, 20.
 40. Патент RU 2,159,285 С1: Плазида рсDT, способ ее получения и применение. Княжев В.А., Сергиенко В.И., Вивов И.Г., Мартынов А.К.. НИИ Физико-химической медицины Министерства здравоохранения РФ. – 2000. Ноябрь, 20.
 41. Патент RU 2,168,337 С2: Способ лечения с введением лекарственных препаратов и генов посредством электропорации. С. Б. Дев, Гантер Э. Хофманн, Ричард Э. Гилберт, Йосукико Хаякава, Ричард Хеллер, Марк Дж. Ярозески. Дженетроникс, Инс.. (US). – 2001. Июнь, 10.
 42. Patent 6,008,038: Method and circuit arrangement for the electropermeation of living cells. Wolfgang Kröger, Bernd Jagdhuber, Hans-Joachim Ricklefs. Eppendorf-Netheler-Hinz GmbH. – 1999. Dec., 28.
 43. Patent 6,090,617: Flow electroporation chamber with electrodes having a crystalline metal nitride coating. Peter Meserol, EntreMed, Inc.. – 2000. Jul., 18.
 44. Patent 6,150,148: Electroporation apparatus for control of temperature during the process. Gurvinder Singh Nanda, Rejean Laverdiere, Günter A.Hofman. Genetronics, Inc., Calif. (US). – 2000. Nov., 21.
 45. Patent US 2006/0224192 A1. Electroporation devices. Steve Dimmer, Gunter Hofmann, Gurvinder Nanda, Edward M. Nolan. Biotechnology Law Group C/O Portfolioip PO Box, MN (US). – 2006. Oct., 5.
 46. Patent US 2008/0138877A1: Apparatus and method for electroporation of biological samples. Sergey M. Dzekunov, Hyung J. Lee, Linhong Li, Vininder Singh, Linda Liu, John W. Holaday. Fulbright & Jaworski L.L.P., TX (US). – 2008. Jun, 12.
 47. Patent US 2010/0016828 A1: Drug delivery system and method. Jeffrey P. Walker, Robert M. Bernard. Wilson, Sonsini, Goodrich & Rosati, CA (US). – 2010. Jan, 21.

48. Patent US 6,074,605: Flow electroporation chamber and method. Peter M.Meserol, Ritta C.Prodell, Jesse L.Acker. EnterMed, Inc., Md (US). – 2000. Jun., 13.
49. Patent US 6,135,990: Electroporation device and method. Richard Heller, Richard Gilbert, Mark J. Jaroszeski. The University of South Florida Research Foundation, Inc., Tampa, FL (US). – 2000. Oct., 24.
50. Patent US 6,699,712 B2: Electroporation chamber. Keith Kaste, John Morrill. Bio-Rad Laboratories, CA (US). – 2004. Mar., 2.
51. Patent US 6,937,890 B2: Nonpenetrating electroporation device. Mark J. Jaroszeski, Wesley Chapel, Richard Gilbert, Richard Heller. University of South Florida, Tampa, FL (US). – 2005. Aug., 30.
52. Patent US 6,969,604 B1: Electroporation chamber. Sergey A.Yakovenko. – 2005. Nov., 29.
53. Patent US 6,977,172 B2: Method and apparatus for targeting localized electroporation. Robert D.Burke, Ross L.Atkins, Diana Wang. Innovation and Development Corporation, Victoria (CA). – 2005. Dec., 20.
54. Patent US 7, 358,077 B2: Method and device electroporation of biological cells. Ulrich Zimmermann, Vladimir Sukhorukov, Kurt Lucas. Eppendorf AG, Hamburg (DE). – 2008. Apr., 15.
55. Patent US 7,029,916 B2: Apparatus and method for flow electroporation of biological samples. MAXCYTE, Inc., MD (US). – 2006. Apr., 18.
56. Patent US 7,053,063 B2: Controlled electroporation and mass transfer cell membranes in tissue. Boris Rubinsky, Yong Huang. The Regents of the University of California, CA (US). – 2006. May, 30.
57. Patent US 7,141,425 B2: Apparatus and method for electroporation of biological sample. Sergey M. Dzekunov, Hyung J. Lee, Linhong Li, Vininder Singh, Linda Liu, John W. Holaday. Maxcyte, Inc., MD (US). – 2006. Nov., 28.
58. Patent US 7,186,559 B2: Apparatus and method for electroporation of biological samples. Sergey M.Dzekunov, Linhong Li, Vininder Singh, Linda Liu, John W.Holaday, Hyung J.Lee. Maxcyte, Inc. (US). – 2007. Mart, 6.
59. Patent US 7,306,940 B2: Electroporation device and method, delivering a modulated signal under continuous control of cell electroporation. Damijan Miklavcic, Luis Mir, Eberhard Neumann, Bertil Persson. IGEA S.r.l. (IT). – 2007. Dec., 11.
60. Patent US 7,465 579 B2. Device and method for introducing particle into cell and device and method for collecting particle from cell. Satoru Hatakeyama, Hideaki Okamoto, Norhiko Utsunomiya, Junta Yamamichi. Canon Kabushiki Kaisha, Tokyo (JP). – 2008. Dec., 16.
61. Patent US 7,521,224 B2. Microelectronic cell electroporation array. Lee Johnson, Dean Scribner, Joseph Panerazio. The United States of America as represented by the Secretary of the Navy, DC (US). – 2009. Apr., 21.
62. Patent US 7,625,729 B2: Electroporation device. Damijan Miklavcic, Luis Mir. IGEA S.r.l. (IT). – 2009. Dec., 1.
63. Patent US 7,781,195 B1: Electroporation device. Richard Heller, Mark J. Jaroszeski, Richard Gilbert. University of South Florida, Tampa, FL (US). – 2010. Aug., 24.
64. Patent US 8,017,367 B2: Biochip electroporation and its use in multi-site, single-cell electroporation. Stefano Vassaneli, Giorgio Celler. Narvalus S.R.L. (IT). – 2011. Sep., 13.
65. Patent US6962816B2: Highly controllable electroporation and applications thereof. Sadeg M. Faris. Reveo, Inc., NY (US). – 2005. Nov., 8.
66. Patent WO 2006/112870 A1: Device and method for controlled electroporation and molecular delivery in cells and tissue. Yong Huang, James W. Borninski, Laura T. Mazzola. Excellin Life Sciences, Inc. (US). – 2006. Oct., 26.

67. Hibino M., Itoh H., Kinosita, K. Jr. Time courses of cell electroporation as revealed by submicrosecond imaging of transmembrane potential. // *Biophysical Journal*, Vol. 64. 1993, June. P. 1789–1800.
68. Kinosita K., Jr., Ashikawa I., Saita N. et al. Electroporation of cell membrane visualized under a pulsed-laser fluorescence. // *Biophysical Journal*. Vol. 53. 1988, June. P. 1015–1019.
69. Zeng L., Zou C., Zhang J. et al. Perforate on CHO cell membranes induced by electromagnetic pulses irradiation observed by atomic force microscopy. // *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (12), 17 June, 2009. P. 2796–2781.
70. Patent US 2002/0042588 A1: Nonpenetrating electroporation device and method. Jaroszeski et al.. University of South Florida, Tampa, FL (US). – 2002. April, 11.
71. Patent US 7,668,592 B2: Electroporation and electrophoresis system and method for achieving molecular penetration into cells in vivo. Richard Heller, Richard Gilbert, Mark J. Jaroszeski, Melinda L. Lucas. University of South Florida, Tampa, FL (US). – 2010. Feb., 23.
72. Patent US 6,878,548 B2: Composition for use in electroporation. Yoshihiro Tokudome, Toshihiro Hinokitani, Kenichi Goto, Kenji Sugibayashi, Koji Owaku, Yasunori Inaoka. Pola Chemical Industries Inc., Shizuoka (JP). – 2005. Apr., 12.
73. Patent US 6,593,130 B1: Methods and apparatus for ex vivo and in vivo cellular electroporation of Gene protein or drug therapy. Luyi Sen, Guanggen Cui, Jack W. Judy, Hillel Laks. The Regents of the University of California, CA (US). – 2003. Jul, 15.
74. Patent US 7,371,561 B2: In vitro, multiple electrode pair array and multiple treatment cell apparatus for use in electroporation. Richard E. Walters, Paul K. Gustavson. Cyto Pulse Sciences, MD (US). – 2008. May, 13.
75. Patent US 7,393,681 B2: System and method for electroporating sample. Ricard A. Jarvis, Mike W. Byrom, Dmitriy Ovcharenko. Applera Corporation, CA (US). – 2008. Jul., 1.
76. Patent US 7,923,238 B2. Multi-channel electroporation system. Charles W. Ragsdale. Bio-Rad Laboratories, Inc., CA (US). – 2011. Apr., 12.
77. Patent US 6,713,292 B2: Electroporation cuvette insert for facilitating membrane-based fusion. Charles W. Ragsdale. Bio-Rad Laboratories, Inc., CA (US). – 2004. Mar., 30.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF TECHNOLOGY FOR THE CANCER TREATMENT USING ELECTROPORATION WITH NANOSECOND PULSES

Oleg Grigoriev, Anton Merkulov, Vladimir Stepanov, Anastasiya Prokofieva

Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, FMBA of Russia

An overview of methods for controlled cell membranes electroporation with electromagnetic pulses of nanosecond duration is presented. The obtained results can be used in planning and conducting of further research on electroporation process and its application in medicine and biology, including the treatment of cancer. Developed methods for human cancer therapy using electroporation are based on the cancer cells destruction through irreversible electroporation, on the cytotoxins injection or on the termination of the blood flow to the tumor tissue. This will increase the treatment efficiency and selectivity, and reduce the adverse toxic effects of chemotherapy, or exclude them at all.

ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Труханов К.А.

ГНЦ РФ – Институт медико-биологических РАН, г. Москва

Значимость для жизнедеятельности главного магнитного поля Земли уже не вызывает сомнений. Начинает более четко вырисовываться биологическая важность переменной составляющей геомагнитного поля (ГМП) - регулярных (Pc) и нерегулярных пульсаций, шумановских резонансов и т.п.

На пульсации как на важный экологический фактор биосферы указывали еще Ю.А. Холодов [1] и А.П. Дубров [2].

Ю.С. Николаев, Я.Я. Рудаков, С.М. Мансуров и Л.Г. Мансурова показали, по-видимому, впервые воздействие пульсаций на больных людей с нарушенными механизмами адаптации к изменяющимся условиям внешней среды [3].

Взгляд на пульсации, как на важный экологический фактор, был поддержан Н.Г. Клейменовой и В.А. Троицкой [4].

В [4] подчеркнуто, что "если режим устойчивых колебаний (Pc) является "привычным" для биосистем, то его отсутствие должно иметь негативные последствия. С точки зрения биологических проблем важным будет не наличие этого режима, которого биосистемы должны "не замечать", так как адаптированы к нему, а отсутствие таких "полезных" колебаний".

Дальнейший анализ содержится в работе Н.К. Белишевой, А.Н. Попова, Н.К. Петуховой и др. [5].

Самое яркое и неожиданное подтверждение биологической важности колебаний ГМП парадоксальным образом пришло из космоса.

Речь идет об уникальных наблюдениях космонавта В.В. Ковалёнка во время полета орбитальной станции "Салют-6". Позднее они получили объяснения в его совместных работах с профессором С.В. Авакяном [6,7].

Будучи командиром экипажа, В.В. Ковалёнок на одном из этапов полета отметил, что "фиксировалась повышенная нервная возбудимость членов экипажа и конфликтность при радиопереговорах с ЦУПом". Как выяснилось при последующем послеполетном анализе, в этот период времени полностью исчезли все типы пульсаций геомагнитного поля, что само по себе необычно. Восстановление пульсаций совпало с окончанием напряженного состояния членов экипажа.

Был сделан вывод, что пульсации геомагнитного поля важны для человека, и их отсутствие в межпланетном полете может приводить к нежелательным последствиям [7].

Не исключено, что временное отсутствие Pc-колебаний геомагнитного поля проявилось на борту с особой четкостью по следующим причинам:

- вследствие сравнительно невысокой энерговооруженности станции "Салют-6" и, соответственно, невысокого уровня электромагнитных полей на ней;
- из-за специфических условий для организма человека в космосе (невесомость, вызванный этим некоторый сдвиг порогов восприятия и другие обстоятельства), которые повысили чувствительность космонавтов к наличию или отсутствию "привычных" колебаний в магнитосфере.

В работе [7] высказано некоторое удивление по поводу того, как могут ощущаться магнитные пульсации внутри металлического корпуса станции. Следует подчеркнуть, что

ослабление переменных электромагнитных полей корпусом околоземной станции "Салют-6" из-за скин-эффекта могло быть заметным лишь при частотах порядка несколько десятков Герц и выше [8] аналогично тому, как обстояло дело впоследствии и на орбитальном комплексе "Мир". Значительная часть электромагнитных колебаний, возникающих в околоземном пространстве, лежит в диапазоне более низких частот.

На Земле повышенная нервная возбудимость и конфликтность должна была бы проявляться при пребывании людей в условиях высокого экранирования. Однако даже если подобное поведение и наблюдалось, то, скорее всего, оно приписывались большому нервному напряжению, свойственному такой деятельности, спецификой нахождения контингента в особых условиях и т.п.

В США исследовали воздействие гипомагнитных условий на испытуемых (в частности, на астронавтов перед лунными экспедициями по программе "Аполлон"). В отчетах не упоминается о наблюдении повышенной нервной возбудимости и конфликтности. Утверждалось, что психофизиологические и психологические обследования не выявили каких-либо отличий (см. анализ результатов этих исследований в [9,10]) за исключением заметного снижения критической частоты слияния световых мельканий, что все же свидетельствует о воздействии на процессы в центральной нервной системе.

Следует, однако, заметить, что испытуемым и, тем более, готовящимся к выполнению ответственных заданий, свойственно проявлять сдержанность в описании каких-то необычных ощущений, которые они испытывают.

Достаточно упомянуть о ситуации, возникшей при наблюдении феномена ощущения "вспышек в глазах" в полете "Аполлона-11" с первой посадкой на Луну. В одной из статей, описывающих этот полет, утверждалось, что Базз Олдрин ощутил "вспышки в глазах" в затемненном отсеке корабля еще на пути к Луне, но не стал об этом говорить. А на обратном пути к Земле, когда он сообщил о своих ощущениях Нейлу Армстронгу и Майку Коллинзу, и те подтвердили, что тоже наблюдают этот феномен, Нейл Армстронг предложил не сообщать об этом.

Упомянутые выше исследования воздействия гипомагнитных полей проводились как в условиях экранирования, так и в условиях компенсации ГМП. В литературе подчеркивалось (см., например, [2]), что в системах компенсации целесообразно иметь электронные устройства, не только следящие с высокой точностью за изменениями ГМП и его составляющих, но и автоматически удерживающие поле внутри системы на заданном уровне. Естественные колебания при этом нивелируются, т.е. условия в принципе должны быть близки к условиям экранирования.

Поэтому возможны отличия, полученные в экспериментах с использованием упомянутых устройств и при их отсутствии.

Однако следует все же заметить, что удержание уровня поля требуется большей частью тогда, когда коэффициенты ослабления велики или есть сомнения, что небольшие изменения ГМП могут сказываться на результатах эксперимента.

Данных о воздействии гипомагнитных условий на поведенческие реакции высших млекопитающих в доступной литературе найти не удалось. В работах, выполненных еще в шестидесятые годы прошлого столетия, упоминается лишь о драках самцов мышей, содержащихся в экранирующих цилиндрах из мю-металла (описание этих экспериментов содержится в монографии [9]). В собственных исследованиях, выполненных авторами монографии [9], такие явления не наблюдались.

Данные о поведении животных в ночное время (и мыши, и крысы – сумеречные и ночные животные) также отсутствовали. По-видимому, еще и потому, что тогда не имелось для этого соответствующих технических средств (камер наблюдения).

И именно в серии экспериментов по воздействию гипомангнитных условий на животных, проведенных с использованием таких средств и системы компенсации с автоматическим удержанием уровня, обнаружилась повышенная агрессивность (конфликтность) самцов крыс [11]. Величина ГМП в объеме, где находились животные, была снижена в 700-1000 раз.

В литературе нет других упоминаний о таком феномене. Данных о повышенной агрессивности животных при снижении величины поля в системах типа колец Гельмгольца без автоматической компенсации также не обнаружено.

Наблюдается явный параллелизм с явлением на борту станции "Салют-6", что поддерживает, соответственно, то его объяснение, которое предложено С.В. Авакяном и В.В. Коваленком. Возможно, конечно, что изменения поведения животных, которые описаны в [11], связаны только с гипогеомагнитными условиями, в которых они находились. Но не исключено также, что эти изменения в какой-то мере (возможно, и значительной) обусловлены нейтрализацией колебаний ГМП в объеме, в котором находился "опыт". Каких-либо изменений в группе контрольных животных, находивших в том же помещении, но вне воздействия колец Гельмгольца, обнаружено не было. Иерархия в "контроле" установилась через третьи сутки и каких-либо ее нарушений не было, что, в частности, может свидетельствовать об отсутствии аномалий в геомагнитной обстановке на протяжении каждого эксперимента.

По нашему мнению, необходима постановка соответствующих исследований. Она может быть достаточно проста и с биологическими объектами, и с участием испытателей.

Так, для исследований с участием испытателей достаточно иметь однокомпонентную систему типа колец Гельмгольца, ось которой вертикальна. В той области системы, где будут находиться испытатели, необходимо установить трехкомпонентный магнитометр таким образом, чтобы z - компонент поля измерялся по оси магнитной системы в плоскости ее симметрии. По величине модуля вектора напряженности геомагнитного поля осуществляется управление током магнитной системы. Величина тока должна поддерживаться на таком уровне, чтобы модуль суммарного поля оставался равным заранее заданному значению (например, уровню в помещении, в котором проводится эксперимент).

Обозначим этот уровень через H_{fix} , а через $H_z(t)$, $H_x(t)$, $H_y(t)$ соответственно - вертикальный, северный и восточный компоненты ГМП в системе в момент времени t , а через $H_{ms}(t)$ - компонент, создаваемый магнитной системой. Для того, чтобы суммарное поле в системе поддерживалось равным заданной величине, необходимо, чтобы соблюдалось следующее равенство:

$$H_{fix}^2 = (H_z(t) + H_{ms}(t))^2 + H_x^2(t) + H_y^2(t) \quad (1)$$

Решая это уравнение, получим:

$$H_z(t) + H_{ms}(t) = \sqrt{H_{fix}^2 - (H_x^2 + H_y^2)} \quad (2)$$

В уравнении (2) слева стоит суммарный z - компонент геомагнитного поля и поля магнитной системы, измеряемый магнитометром. Справа стоит функция, вычисляемая по заданному значению поля и величине горизонтального компонента ГМП в момент времени t . Электронная система должна изменять величину тока так, чтобы уравнение (2) удовлетворялось. В процессе эксперимента будет меняться (причем незначительно) лишь направление полного вектора напряженности поля, что, по-видимому, биологически мало значимо.

Небольшие погрешности в установке оси системы, как показывает анализ, несущественны. Однокомпонентная система типа колец Гельмгольца обеспечивает удобный доступ к рабочему объему. Вместо колец Гельмгольца можно использовать катушки Баркера, куб Рубенса и другие магнитные системы, имеющие объем квазиродного поля больший, чем кольца Гельмгольца [12].

Такие же системы пригодны и для экспериментов с животными. Систему, использованную в работе [11], можно также использовать для этих целей после небольшой модернизации. Система, схожая с системой, описанной выше, была нами предложена для компенсации изменения уровня ГМП на борту околоземного пилотируемого объекта при его движении по орбите и, соответственно, изменении геомагнитных координат [13].

Результаты экспериментов с животными и с участием испытателей могут иметь значение для повышения эффективности и надежности действий персонала, выполняющего ответственную работу в гипогомагнитных условиях (экранированные бункера и т.п.), где повышенная возбудимость и конфликтность недопустимы. Для дальних пилотируемых космических кораблей, которые должны совершать полет в гипогомагнитных условиях межпланетного пространства, было предложено устанавливать на борту систему искусственного геомагнитного поля [14]. Схожие системы можно установить в наземных экранированных объектах.

Литература

1. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М.: Наука. 1975. 207 с.
2. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. Л. Гидрометеиздат. 1974. 175 с.
3. Николаев Ю.С., Рудаков Я.Я., Мансуров С.М., Мансурова Л.Г. Секторная структура межпланетного магнитного поля и нарушения деятельности центральной нервной системы. Проблемы космической биологии. М.: Наука. 1982. Т. 43. С. 51-59.
4. Клейменова Н.Г., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации как один из экологических факторов среды // Биофизика. 1992. Т. 37. В. 3. С. 429-438.
5. Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.К. и др. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Т. 40. В. 5. С. 1005-1012.
6. Kovalenok V.V., Avakyan S.V., Voronin N.A., Borovkova O.K. Important problem of manned flight to Mars // Abstracts of 4-th Int. Workshop on Space Rad. Res. and 17-th Annual NASA Space Rad. Health Inv. Workshop. Moscow-St. Peterburg. 5-9.06. 2006. P. 67-68. На это сообщение есть ссылка в [13].
7. Коваленок В.В., Авакян С.В., Боровкова О.К., Воронин Н.А. Космический солнечный патруль и некоторые проблемы пилотируемого полета к Марсу // Оптик. журн. 2005. Т. 72. № 8. С. 49-53.
8. Труханов К.А. Некоторые магнитобиологические аспекты длительных и дальних космических полетов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43, № 5, с. 584-589.
9. Нахильницкая З.Н., Климовская Л.Д., Смирнова Н.П., Стржижовский А.Д. Магнитное поле и жизнедеятельность организмов. Проблемы космической биологии. М.: Наука. 1978. Т. 37. 267 с.
10. Копанев В.И., Шакула А.Б. Влияние гипогомагнитного поля на биологические объекты. Л.: Наука. 1985. 73 с.

11. Кривова Н.А., Труханов К.А., Замощина Т.А. и др. Повышение агрессивности крыс при экспозиции в условиях гипогеомагнитного поля // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 30-32.

12. Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Хорев В.Н. и др. Средства измерений параметров магнитного поля. Л.: Энергия. 1979. 320 с.

13. Труханов К.А. Человек и ЭМП в космическом полете // Ежегодник РНКЗНИ за 2007 г. С. 31-50. В списке литературы имеется опечатка. №5 следует объединить с №4, а номера последующих ссылок уменьшить на единицу.

14. Луганский Л.Б., Труханов К.А. Создание аналога геомагнитного поля в обитаемом объеме межпланетного корабля // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 54-56.

ABOUT RESEARCHES OF GEOMAGNETIC PULSATIONS BIOLOGICAL EFFECTS

Trukhanov K.A.

RF State Research Center – Institute for Biomedical Problems RAS, Moscow

Questions of geomagnetic pulsations effect on the central nervous system are discussed.

Observations made by cosmonaut V.V. Kovalenok onboard near-earth station " Salut-6 ", and results of mammal animal researches in system compensated the geomagnetic field and its oscillations are compared.

Their parallelism is discussed.

The possibility of experiments with use of single Helmholtz coils system is analyzed.

Such experiments may increase an efficiency and reliability of actions of the personnel performing responsible activity in hypomagnetic conditions (screened structures etc.).

ГИПОГЕОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК НЕБЛАГОПРИЯТНЫЙ ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Походзей Л.В.^{1,2}, Пальцев Ю.П.¹, Рубцова Н.Б.¹,

¹Учреждение Российской академии медицинских наук
НИИ медицины труда РАМН, Москва

²ГБОУ ВПО Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова, Москва

Сохранение здоровья человека в условиях воздействия современной электромагнитной среды является одной из наиболее значимых и сложных проблем нашего времени. Такие понятия, как "электромагнитный смог" и "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" (термин, официально введенный ВОЗ в 1995 г.) в настоящее время стали широко применяться для характеристики сложившейся электромагнитной ситуации, когда к естественному электромагнитному фону Земли добавились электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые различными техническими устройствами. Во всем мире именно техногенные ЭМП уже более 50 лет привлекают к себе пристальное внимание исследователей в плане оценки их возможного неблагоприятного влияния на здоровье человека и состояние окружающей среды и разработки мер профилактики.

Вместе с тем, развитие новых технологий, требующих создания специальных условий для их реализации (экранированные помещения), ускоренные темпы освоения подземных пространств, внедрение новых строительных материалов и др. приводит к тому, что все большее число людей вынуждено жить и работать в условиях частичной изоляции от естественного электромагнитного фона.

В спектре естественных электромагнитных полей условно можно выделить несколько составляющих - это постоянное магнитное поле Земли (геомагнитное поле), электростатическое поле и переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от 10^{-3} Гц до 10^{12} Гц.

Геомагнитное поле (ГМП) является наиболее существенным компонентом естественного электромагнитного фона, биологическая значимость которого в настоящее время не вызывает сомнения. ГМП формируется за счет различных физико-химических процессов, протекающих в ядре Земли. Величина индукции постоянного ГМП в разных географических точках изменяется от 26 мкТл (в районе Рио-де-Жанейро) до 68 мкТл (вблизи географических полюсов). На большей части территории Российской Федерации она колеблется от 45 мкТл до 55 мкТл, достигая 190 мкТл в районе Курской магнитной аномалии.

На основное магнитное поле Земли наложено переменное магнитное поле (главным образом порожденное токами, текущими в ионосфере и магнитосфере), величина которого хотя и не превышает 4-5% главного поля, но информационное влияние на биосферу может быть значительным [1-3].

Показано, что у различных организмов (от бактерий до млекопитающих) выявляется целый ряд реакций со стороны различных систем организма на изменение геомагнитного поля [4-6]. Накоплено значительное количество данных, которые не только подтверждают чувствительность организмов к геомагнитному полю, но и не исключают у многих из них способности воспринимать содержащуюся в нем пространственно-временную информацию. Это свидетельствует о том, что геомагнитное поле является существенным компонентом

среды обитания. Установление наличия у различных живых организмов (пчелы, голуби, моллюски, человек) биогенного магнетита позволяет сделать заключение о возможности прямой магниторецепции, в отличие от косвенной, осуществляемой через посредство наведенных электрических полей [7]. Изучение магниторецепции у человека дало основание считать, что она представлена как в структурах мозга, так и надпочечниках [2].

Геомагнитное поле претерпевает вариации с длительными (вековыми) периодами (8000, 600 лет) и с периодами в десятки лет (60, 22, 11 лет), а также короткопериодические суточные вариации, которые принято характеризовать различными цифровыми индексами активности (К-индекс, числа Вольфа (W) и др.).

Квазипериодические изменения геомагнитного поля с периодами от долей секунд до нескольких минут называют геомагнитными пульсациями. Их принято подразделять на регулярные, устойчивые, непрерывные (P_c - pulsations continues) и иррегулярные, шумоподобные, импульсные (P_i - pulsations irregular). Первые наблюдаются преимущественно в утренние и дневные часы, а вторые - в вечерние и ночные.

Все виды иррегулярных пульсаций являются элементами геомагнитных возмущений и тесно связаны с ними, в то время, как P_c - пульсации наблюдаются и в очень спокойных условиях. Несмотря на малые значения амплитуд пульсаций (от сотых долей до сотен нТ), ряд исследователей указывает на биоэффективность этих колебаний. Это связано, во-первых, с существующей определенной избирательностью по частоте при взаимодействии магнитного поля с биообъектами и, во-вторых, может иметь значение скорость изменения во времени интенсивности магнитного поля, т.е. ее производная во времени [3]. Среди устойчивых колебаний есть такие, которые возникают день ото дня в одни и те же интервалы местного времени. В природе, по-видимому, могла выработаться адаптация к электромагнитной "подкачке" такого рода. И если режим устойчивых колебаний (P_c) является "привычным" для биосистем, то изоляция от него может иметь негативные последствия для организма.

В период возмущений (магнитных бурь) наблюдается глобальное возбуждение микропульсаций, и тогда они могут регистрироваться десятки часов по всему земному шару. Магнитные бури являются результатом проникновения в атмосферу летящих от Солнца со скоростью 1000-3000 км/с заряженных частиц, т.н. солнечного ветра, интенсивность которого обусловлена солнечной активностью (солнечными вспышками и др). Период устойчивых колебаний геомагнитного поля определяется также величиной межпланетного магнитного поля, а их интенсивность - его направлением.

Свой вклад в формирование естественного электромагнитного фона Земли вносит мировая и локальная грозовая активность. Электромагнитные колебания на частотах 4-30 Гц существуют практически всегда. Можно предположить, что они могут служить регуляторами некоторых биологических периодических колебательных процессов, поскольку эти частоты являются резонансными для ряда из них. ЭМИ, происхождение которых обусловлено грозовой активностью, наблюдаются и на более высоких частотах (0,1-15 кГц).

В спектр солнечного и галактического излучения, достигающего Земли, входят ЭМИ всего радиочастотного диапазона, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, видимый свет, ионизирующее излучение. В совокупности естественные ЭМП Земли представляют собой целый спектр электромагнитных "шумов", в условиях воздействия которых существует сама Земля и все живое на ней.

Естественные ЭМП, в том числе и ГМП, могут оказывать неоднозначное влияние на организм человека. С одной стороны геомагнитные возмущения рассматриваются как экологический фактор риска: имеются данные, свидетельствующие о связи с ними развития ряда неблагоприятных реакций в организме человека. Так показано, что геомагнитные

возмущения могут оказывать десинхронизирующее влияние на биологические ритмы и другие процессы в организме [8-10] отмечено их влияние на возрастание числа клинически тяжелых медицинских патологий (инфарктов миокарда и инсультов), а также числа дорожно-транспортных происшествий и аварий самолетов [11].

С другой стороны выявлено, что непериодические вариации геомагнитного поля участвуют в регуляции циркадных, инфраданных, циркасептантных биологических ритмов, а также взаимоотношений между ними [2,4,12], могут быть основной действующей причиной для модуляции функционального состояния мозга [13], оказывать влияние на внутриутробное развитие человека [14].

Таким образом, в настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что естественные электромагнитные поля следует рассматривать как один из важнейших экологических факторов. И если осуществление жизнедеятельности в условиях воздействия естественных ЭМИ является таким значимым и одновременно “привычным” для биосистем, то попадание в ситуацию, когда их уровни претерпевают резкие колебания или значительно снижены, может иметь серьезные негативные последствия [15].

Изучение биологического действия ослабленных естественных ЭМП было начато в 60-70-х годах в связи со строительством наземных и подземных экранированных сооружений, нашедших широкое применение в радиотехнической, радиоэлектронной, авиационной промышленности, на гражданских и военных объектах радиосвязи и радиолокации и пр., и освоением космического пространства.

Экранированные сооружения, выполняя свои основные производственные функции, в силу своих конструктивных особенностей одновременно препятствуют проникновению внутрь ЭМП естественного происхождения.

В производственных условиях экранированные помещения используются:

- для изоляции внешней среды от ЭМП радиочастотного диапазона, создаваемых оборудованием, размещенным внутри помещения (экранированные помещения специального назначения);

- для изоляции внутренней среды помещения от воздействия ЭМП радиочастотного диапазона, создаваемых источниками, размещенными вне помещения, т.е. как средство защиты чувствительного радиоэлектронного и другого оборудования от внешних электромагнитных воздействий, а также для защиты работников от неблагоприятного влияния ЭМП, создаваемых внешними источниками (коллективные средства защиты: экранирование стен, окон, потолка и пола, и индивидуальные – защитные экранирующие комплекты).

Как правило, в специализированных экранированных помещениях осуществляется комбинированное экранирование, то есть происходит экранирование как постоянных, так и переменных составляющих ЭМП. Однако, надо отметить, что в настоящее время подавляющее большинство авторов ведущую роль в развитии неблагоприятных изменений в организме человека и животных, находящихся в условиях экранирования, отводят снижению уровней постоянного геомагнитного поля [15-17], т.н. гипогеомагнитным полям (ГГМП) или гипогеомагнитным условиям (ГГМУ).

Систематические исследования ГГМУ в целях их гигиенической регламентации были начаты в 1989 году под руководством НИИ медицины труда РАМН.

За прошедшие годы выполнен комплекс НИР, включающий в себя изучение эколого-гигиенической значимости естественных ЭМП, гигиеническую оценку распространенности ГГМУ в производственной среде (на рабочих местах) и в быту, клинико-физиологические и эпидемиологические исследования состояния здоровья лиц, работающих в ГГМУ, экспериментальные исследования механизмов влияния ГГМП на животных, обоснование

предельно допустимых уровней ослабления интенсивности геомагнитного поля и разработку методики гигиенического контроля и мер профилактики.

В последние годы наметились успехи в плане биофизического обоснования возможных механизмов действия ГГМП на живые организмы: получили развитие теории ядерного магнитного, циклотронного и парамагнитного резонансов [18,19], интерференции квантовых состояний молекул в идеализированной белковой полости и интерференции молекулярного гироскопа [20]. Результаты экспериментальных исследований, выполненных *in vitro*, свидетельствуют о том, что одним из механизмов влияния ГГМП на организм является изменения структурных особенностей жидкой воды и содержания ионов Ca^{++} в различных средах [21]. Появились данные о развитии гиперчувствительности к ГГМП, вероятный механизм которой связывают с влиянием внешнего геомагнитного поля на ориентацию эндогенных ферромагнитных наночастиц, закрепленных в цитоскелете [22,23]. Содержание таких частиц в тканях индивидуально и может быть обусловлено разной экологической обстановкой в районах проживания.

Проведенные нами гигиенические исследования показали, что гипогеомагнитные условия являются широко распространенным фактором производственной среды и среды обитания. Коэффициенты ослабления ГМП ($K_{o}^{ГМП}$) представлены в таблице.

Таблица - Ослабление ГМП на различных объектах

Объекты	Коэффициент ослабления ГМП
Экранированные сооружения специального назначения	1,5 - 18
Экранированные технические здания и кунги радиолокационных комплексов	1,7 - 5
Экранированные помещения авиационно-технических объектов и металлические ангары	1,7-7
Сооружения метрополитена	1,4 - 10
Заглубленные фортификационные сооружения и спецобъекты	10-100
Летательные аппараты грузо-пассажирской авиации	1,1 - 5
Останкинская телебашня (служебные помещения)	1,5 - 2,3
Останкинская телебашня (кабины скоростных лифтов)	15 - 24
Банки (служебные помещения)	1,2 – 4,0
Кабины экскаваторов и буровых установок	1,8 - 8,5
Кабины и салоны автобусов, троллейбусов, трамваев, поездов	1,5 - 4,0
Салоны легковых автомобилей	1,2 - 4,0
Промышленные, жилые и общественные здания	1,3 - 2,5

Причиной формирования ГГМП является использование материалов с высокой магнитной проницаемостью в ограждающих конструкциях зданий, сооружений и транспортных средств, что приводит к частичной изоляции находящегося внутри них человека от постоянного геомагнитного поля.

В таких условиях систематически приходится работать лицам разных профессий и проживать значительной части населения. Продолжительность пребывания в ГГМП в зависимости от профессиональной принадлежности и функциональных обязанностей персонала может составлять от 1 до 10 часов за рабочую смену ежедневно или периодически, еще более длительному воздействию могут подвергаться люди, находясь в жилых помещениях.

Результаты клинико-физиологического обследования лиц, длительное время работающих в специализированных экранированных помещениях в ГГМП при $K_{\text{о}}^{\text{ГМП}} = 4-10$, свидетельствуют об их дезадаптирующем влиянии на функциональное состояние ведущих систем организма. Со стороны центральной нервной системы выявлены признаки дисбаланса основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистония мозговых сосудов с наличием регуляторной межполушарной асимметрии, неблагоприятные функциональные изменения, проявляющиеся в снижении объема воспринимаемой и перерабатываемой информации (по показателям простой зрительно-моторной реакции), подвижности нервных процессов (снижение критической частоты слияния световых мельканий) на фоне возрастающего напряжения механизмов регуляции вегетативной нервной системы (увеличение амплитуды колебаний центра массы тела, увеличение амплитуды тремора рук).

Проведено сравнительное поликлиническое обследование радиотехнического персонала аэропортов гражданской авиации, работающего в экранированных технических зданиях РЛС-комплексов в ГГМП при $K_{\text{о}}^{\text{ГМП}} = 4-5$ (основная группа), и радиотехнического персонала АСУ УВД, который составил контрольную группу (условия и характер труда аналогичны, а величина ГМП в помещениях соответствовала естественному фону), уровни ЭМП радиочастотного диапазона на рабочих местах персонала не превышали ПДУ.

Было установлено, что в основной группе чаще предъявлялись жалобы на шум в голове, головокружения, раздражительность, ослабление памяти; значительно чаще были жалобы на снижение либидо и потенции (23,2% и 5,1%, соответственно).

В этой группе в большем проценте случаев была выявлена вегетативно-сосудистой дистония (42,9% против 20,5% - в контроле), гипертоническая болезнь (37,5% против 28,2% в контроле). При этом следует подчеркнуть, что в контрольной группе процент лиц без патологии сердечно-сосудистой системы был в целом в 2,4 раза выше (17,9% и 43,6% в контроле).

В поперечном эпидемиологическом исследовании у радиотехнического персонала аэропортов, работающего в ГГМП, выявлен высокий относительный риск развития ишемической болезни сердца (отношение шансов $OR=7,9$, $95\%CI=3,48-18,06$) и артериальной гипертензии ($OR=1,96$, $95\%CI=1,04-3,70$), формирование этих форм патологии в более молодом возрасте (для артериальной гипертензии в группе 30-39 лет $OR=12,0$, $95\%CI=1,75-82,26$) [24].

Выявлены изменения морфологического состава крови: достоверное снижение концентрации гемоглобина, количества эритроцитов, общего числа лейкоцитов, увеличение СОЭ. Изменения в лейкоцитарной формуле проявлялись достоверным снижением относительного содержания палочкоядерных нейтрофилов, увеличением относительного количества моноцитов и лимфоцитов при снижении их абсолютного количества.

По данным цитохимических исследований обнаружены изменения клеточного метаболизма лейкоцитов крови (достоверные повышение активности кислой и щелочной фосфатаз ($p<0,05$.)

Выявлено достоверное снижение абсолютного количества лимфоцитов, изменения соотношения абсолютного числа иммунорегуляторных субпопуляций (Т-хелперов и Т-супрессоров) и количественного состава популяций Т-нулевых лимфоцитов и В-лимфоцитов).

Обнаруженные у персонала, работающего в ГГМП, изменения свидетельствуют о нарушении неспецифических факторов защиты и иммунологической реактивности с формированием количественно-функционального иммунодефицита.

В этой группе было выявлено достоверное увеличение биологического возраста по сравнению с календарным на 4,2 года ($p \leq 0,02$), что свидетельствует об ускоренном старении организма в ГГМУ.

Изучение иммунного статуса операторов электронной аппаратуры, работающих в подземных помещениях АО "Московский телеграф", на рабочих местах которых $K_0^{ГМП}$ составляли 4 - 5, выявило достоверные изменения в состоянии гуморального звена иммунитета (уменьшение концентрации IgG, IgM, IgA и увеличение концентрации IgE), происходящие на фоне снижения числа Т-лимфоцитов, что свидетельствует о снижении функциональных возможностей иммунной системы персонала.

На фоне выявленных изменений в этой группе был отмечен высокий уровень заболеваемости с ВУТ (146 случаев и 1967 дня нетрудоспособности на 100 работающих). При этом у 40,5% обследованных были выявлены заболевания, входящие в инфекционный синдром иммунологической недостаточности, что существенно превышает частоту данных заболеваний среди практически здоровых лиц (не более 10%).

Таким образом, результаты клинико-физиологического обследования лиц, длительное время работавших в ГГМП ($K_0^{ГМП} = 4-10$) при воздействии комплекса факторов производственной среды свидетельствуют о напряжении адаптационных процессов в ведущих системах организма – центральной нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и системе крови. Полученные нами данные подтверждаются исследованиями [25, 26].

Не исключено, что на фоне гипогеомагнитных условий определен вклад в развитие выявленных изменений в состоянии здоровья могло внести и воздействие комплекса факторов производственной среды малой интенсивности (ниже ПДУ и ПДК). Последнее предположение подкрепляется появившимися данными о модификации реакций организма в ГГМУ [27,28].

Моделирование в лабораторном эксперименте ГГМУ, характерных для ряда производственных объектов, позволило выявить их неблагоприятное влияние на функциональное состояние ведущих систем организм животных, что явилось существенным подкреплением роли ГГМУ в развитии изменений в организме человека, работающего в таких условиях, и свидетельствует об их гигиенической значимости.

Полученные данные о неблагоприятном влиянии длительного экранирования геомагнитного поля на организм животных согласуются как с ранее опубликованными работами [15, 29-31], так и с результатами, полученными рядом авторов в последние годы [32-36].

Проведенный комплекс гигиенических, клинико-физиологических и экспериментальных и эпидемиологических исследований позволил рассматривать ГГМУ как фактор риска для здоровья человека, требующий соответствующей гигиенической регламентации и контроля. Обсуждение данной проблемы на ряде Российских научных конференций и конгрессов и международных форумах подтвердило актуальность развития этих исследований [16, 37-40].

В 2003г. нами были обоснованы первые в мире временные допустимые уровни ослабления ГМП на рабочих местах и методика их контроля - СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

В 2009 году была проведена корректировка гигиенических регламентов и разработан новый нормативно-методический документ - СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 "Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях", устанавливающий предельно допустимые уровни (ПДУ) ослабления ГМП на рабочих местах и в быту.

В производственных условиях коэффициент ослабления ГМП регламентируется с учетом времени пребывания в ГГМП:

- при работе до 2 часов за смену устанавливается равным 4,
- более 2 часов за смену - равным 2.

В жилых, общественных зданиях и сооружениях коэффициент ослабления ГМП устанавливается равным 1,5.

В СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489–09 представлена усовершенствованная методика измерений и гигиенической оценки ГГМП на рабочих местах в производственных помещениях и транспортных средствах, а также в жилых и общественных зданиях и сооружениях. На базе разработанных нами медико-технических требований создан специальный прибор для оперативного контроля ГГМП - магнитометр трехкомпонентный малогабаритный МТМ-1 (НТМ-Защита, РФ), включенный в пестр средств измерения РФ.

Поведенное исследование позволило провести классификацию производственных ГГМУ по степени их вредности и опасности и включить гипогеомагнитное поле как неблагоприятный фактор производственной среды в Р2.2.2006-05 "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда".

Разработанные нормативно-методические документы с соответствующим приборным обеспечением обеспечили возможность осуществлять адекватный контроль ГГМУ. Полученные в настоящем исследовании данные о распространенности ГГМУ и их гигиенической значимости дают нам основание повысить статус проблемы, переведя ее из узко ведомственной (актуальной только для персонала экранированных помещений спецназначения) в разряд проблем, актуальных для широкого спектра производств, транспорта и быта.

Выдвинутая нами гипотеза о наличии оптимально-допустимого диапазона изменения параметров электромагнитной среды, в которой живет и работает человек, получила свое обоснование в части определения нижней границы этого диапазона - допустимой степени ослабления постоянного геомагнитного поля.

Надо отметить, что проблема гигиенической оценки и регламентации ГГМП – относительно нового для гигиенической практики фактора производственной среды и среды обитания, вышла за границы РФ. В этом направлении в последние годы активно работают наши украинские коллеги. В проекте гигиенического регламента ГГМП они используют предложенный нами методологический подход к оценке степени ослабления ГМП [41-43].

ГГМП на уже действующих объектах является трудно устранимым фактором среды. Однако в ряде публикаций высказываются предложения о возможности компенсации дефицита магнитного поля Земли в экранированных помещениях с помощью специальных технических средств (компенсационных обмоток) [44]. Кроме того, с 2004 года ГГМП впервые были включены в перечень факторов производственной среды, при работе с которыми следует проходить предварительные и периодические медицинские осмотры (приказ МЗ и СР РФ №83), что должно способствовать сохранению здоровья работников. А с введением в 2009 году новых нормативов появилась возможность в производственных условиях осуществлять «защиту временем», сокращая продолжительность пребывания в ГГМП.

На этапе проектирования производственных объектов целесообразно осуществлять расчетное прогнозирование геомагнитной обстановки внутри помещений в целях своевременной ее коррекции. Ведется разработка методик расчета [41, 45].

В перспективе необходимо осуществлять динамическое наблюдение за здоровьем лиц, работающих в ГГМУ, продолжить экспериментальное изучение зависимости биоэффектов

от параметров измененной естественной электромагнитной среды с оценкой отдаленных последствий, а также комбинированного воздействия ГГМУ и других производственных факторов в целях углубления наших знаний о механизмах влияния ГГМУ на живые организмы, совершенствования гигиенического нормирования таких условий и разработки системы профилактики их неблагоприятного влияния на здоровье человека.

Важным этапом в защите человека от неблагоприятного воздействия ЭМП, включая ГГМП, является подготовка квалифицированных специалистов в области электромагнитной гигиены и профпатологии, способных не только грамотно осуществить контроль уровней фактора в производственной среде и среде обитания, выявить его влияние на здоровье, но и донести до населения взвешенную информацию о возможном риске от ЭМП, методах и способах профилактики [46].

Литература

1. Вернадский В.И. Биосфера.-М.-1967.-376с.
2. Дюрвард Д.Скайлс. Геомагнитное поле, его природа, история и значение для биологии.//В кн. : Биогенный магнетит и магниторецепция. /Под ред. Дж.Киршвинка, Д.Джонса, Б.Мак-Фаддена.-Т.1.-М.-1989.-С.63 - 146.
3. Клейменова Н.Г., Троицкая В.А. //Биофизика.-1992.-Т.37.-Вып.3.-.429-438.
4. Моисеева Н.И., Любицкий Р.И. Воздействие гелиофизических факторов на организм человека.-Л.-1986.-136с.
5. Холодов Ю.А.//Магнетизм в биологии.-М.-1976.-96с.
6. Холодов Ю.А.//Мозг в электромагнитных полях.-М.-1982.-120с.
7. Zoeger J., Dunn J.R., Fuller M. //Magnetic material in the head of common Pacific dolphin./ Science.-1981.-V.213.-P.892-894.
8. Пяткин В.П. //В кн. Хронобиология и хронопатология. М.-1981.- с.202.
9. Моисеева Н.И., Любицкий Р.И. Воздействие гелиофизических факторов на организм человека. - Л. -1986. -136с.
10. Рехтина А.Г., Зенченко Т.А., Заславская Р.М., Кондуков Д.Ю. Предварительные результаты анализа связи динамики параметров микроциркуляторного кровотока с особенностями геомагнитной обстановки // Сб. док. II Междунар. конф. "Человек и электромагнитные поля" 28 мая -1 июня 2007 г.- Саров.-2008.- с. 200-207.
11. Бекетов В.В., Павлов Ю.В., Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Анализ особенностей геофизической обстановки в моменты авиационных происшествий //Сб. док. II Междунар. конф. "Человек и электромагнитные поля" 28 мая-1 июня 2007 г.- Саров.-2008.- с. 194-199.
12. Рыжиков Г.В., Кузьменко В.А., Балуев А.Б. //Физиология человека. 1982.-Т.8.-с. 102-108.
13. Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.В. и др. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека //Биофизика. 1995.-Т.40.-Вып.5.-с.1005-1012.
14. Хорсева Н.И., Конрадов А.А. Индивидуально-ретроспективный анализ гелиогеофизической обстановки в период внутриутробного развития человека //Сб. док. II Междунар. конф. "Человек и электромагнитные поля" 28 мая -1 июня 2007 г.- Саров.-2008.- с. 208-217.
15. Копанев В.И., Ефименко Г.Д., Шакула А.В. О биологическом действии на организм гипогеомагнитной среды //Известия АН СССР. -1979. -N3. -С.342-353.

16. Григорьев Ю.Г. Реакция организма в ослабленном геомагнитном поле (эффект магнитной депривации). //Радиационная биология. Радиоэкология. -1995. -Т.35й. - Вып.1
17. Плеханов В.П., Тимохина Г.Н., Никитина В.Н. Гигиеническая оценка условий труда в экранированных помещениях //Медицина труда и промышленная экология. -№10. -2001. -С.21-24.
18. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей //Биофизика. -1996. -Т.41. -вып.1. -С.224-232.
19. Жадин М.Н. Физические механизмы воздействия слабых постоянных и переменных магнитных полей на биосистемы //Мат. Междунар. сов. "Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование", Москва, 18-22 мая 1998г. - Geneva. -1999. -С.247-261.
20. Бинги В.Н. , Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы //Успехи физических наук. -2003. -Т.173. - №3. -С.265-300.
21. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Необычные свойства воды в слабых электромагнитных полях //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. -2003. - №1.-С.16-18.
22. Binhi V.N., Chernavskii D.S. Stochastic dynamics of magnetosomes in cytoskeleton. Europhysics Letters, 2005. 70(6): p. 850-856.
23. Grassi-Schultheiss P.P., Heller F., Dobson J. Analysis of magnetic material in the human heart, spleen and liver. BioMetals, 1997. 10(4): p. 351-355.
24. Тихонова Г.И., Рубцова Н.Б., Походзей Л.В., Курьеров Н.Н., Пальцев Ю.П. и др. Оценка профессионального риска от воздействия электромагнитных излучений //Ж. Медицина труда и промышленная экология. – 2004. №5.-С.30-34.
25. Саримов Р.М., Бинги В.Н. Влияние гипомагнитных условий на когнитивные процессы человека. Роль некоторых биологических факторов в формировании эффектов гипомагнитных условий // Человек и электромагнитные поля: сб. докл. III междунар. конф., Саров, 24-27 мая 2010. - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010. - С.194-203.
26. Никитина В.Н., Фоминич Э.Н., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И. и др. Гигиенические исследования условий труда и состояния здоровья операторов, выполняющих работу в экранированных помещениях //Ежегодник РНКЗНИ.-Москва.-2007.- с. 89-102.
27. Горелкин А.Г. Электрофизиологические свойства периферических тканей человека при геомагнитном экранировании //Мат. II Междунар. конф. «Электромагнитные поля и здоровье человека», Москва, 20-24 сент. 1999г. -М.1999 - С.131-132.
28. Забродина Л.В., Платонова А.Г. Действие магнитного поля низкой напряженности на показатели свертывания крови в эксперименте. //Реакция биологических систем на слабые магнитные поля. -М. -1971. -С.35.
29. Писарева Е.В., Подковкин В.Г. Влияние различных сроков воздействия искаженного геомагнитного поля на регулирующие системы организма //Мат. III-й Междунар. конф. "Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования. - Москва-С.Петербург, 17-22 сент.2002г. -М. -2002. -С.87-88.
30. Левина Р.В., Смирнов Р.В., Олимпиенко Т.С. К вопросу о влиянии гипогеомагнитного поля на теплокровных животных //Космическая биология и авиакосмическая медицина. -1989. -№1. -С.45-47.
31. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии - Томск. -1990. -с.188.
32. X. Zhang, J. Li, Q. Wu, B. Li, J. Jiang //Effects of hypomagnetic field on noradrenergic activities in the brainstem of golden hamster, Bioelectromagnetics 28 (2007) 155–158.

33. Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao, Ying Liu a, Rong Qiao He //Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field //Biochemical and Biophysical Research Communications 376 (2008) 363–368.
34. Куликов В.Ю., Козяева Е.А., Сорокин О.В. Влияние слабых экологических факторов на систему гемостаза и реактивность клеток эффекторов воспаления в эксперименте // Ж. Мир науки, культуры, образования.- № 3 (28) 2011 с.320-326/
35. Костюк А.С., Темурьянц Н.А. Динамика болевой чувствительности моллюсков HELIX ALBESCENS в условиях продолжительного электромагнитного экранирования // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.- Серия «Биология, химия». Том 22 (61). 2009. № 3. С. 75-82.
36. Xiao K. Wangab, Qiu F. Maa, Wei Jianga, Jing Lva, Wei D. Pana, Tao Songa & Long-Fei Wuc. Effects of Hypomagnetic Field on Magnetosome Formation of Magnetospirillum Magneticum AMB-1 //Geomicrobiology Journal.- V. 25, Issue 6, 2008
37. Pokhodzey L.V. Hypogeomagnetic fields as one of the adverse environmental factors // International meeting “Electromagnetic fields: Biological effects and hygienic standardization”. Moscow, May 18-22, 1998 (Geneva: WHO. 1999) p.215-224.
38. Pokhodzey L.V. Biological effects and hygienic standards of hypogeomagnetic fields //4th International Workshop on Space Radiation Research and 17th Annual NASA Space Radiation Health Investigators’ Workshop. Moscow – St.Peterburg, June 5-9, 2006. p. 101-102.
39. Походзей Л. В., Пальцев Ю. П, Рубцова Н. Б. Итоги и перспективы исследований биологического действия и гигиенического нормирования гипогеомагнитных полей // Материалы 9-гоМеждународного симпозиума по элетромагнитной совместимости электромагнитной экологии (ЭМС-2011).- Из-во ЛЭТИ.- Санкт-Петербург, 13-16 сентября 2011.- с. 569-572
40. Зуев В.Г, Галкин А.А., Походзей Л.В., Пальцев Ю.П. Эколого-гигиеническая оценка уровней гипогеомагнитных полей на авиационно-технических объектах //Мат. 2-го Науч.-практ. конгресса "Человек в авиации и проблемы сохранения его здоровья», Москва 23-27 окт. 2000г. -М. -2000. -С.43-44
41. Розов В.Ю., Резинкина М.М., Думанский Ю.Д., Биткин С.В. Анализ техногенных искажений геомагнитного поля в помещениях и нормирование их допустимых уровней //Гігієна населених місць. - №51.-2008.- с. 215-222.
42. Резинкина М.М., Пелевин Д.Е., Думанский Ю.Д., Биткин С.В. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов //Гігієна населених місць. - №54.-2009.- с. 209-216.
43. Serdyuk A., Grigoryev P., Akimenko V., Protas S. Ecological significance of geomagnetic field. Medical and biological premises for the hygienic standartization of its permissible attenuation in Ukrainian conditions //ENVIRONMENT&HEALTH.- 2010.-№ 3.- p.9-15.
44. Фоминич Э.Н., Литвинов Н.Н. Компенсация дефицита естественного магнитного поля Земли в экранированных помещениях //Сб. док. 9-ой Рос. науч.-тех. конф. по ЭМС технических средств и электромагнитной безопасности.-Ст.-Петербург.- 2006.- с. 672-680.
45. Кольчугин Ю.И., Походзей Л.В. О расчете геомагнитного поля в экранированном помещении //Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот.- Т.11.- Вып. 1 (37).-2003. -С.106-114.
46. Походзей Л. В., Рубцова Н. Б. Современные подходы к послевузовской профессиональной подготовке кадров в области электромагнитной гигиены и экологии //Труды 9-го Междунар. симпозиума по электромагнитной совместимости и

HYPOGEOMAGNETIC FIELD BIOLOGICAL EFFECTS INVESTIGATION AND HYGIENIC STANDARDIZATION. RESULTS AND PROSPECTS

L.V.POKHODZEY^{1,2}, YU.P.PALTSEV¹, N.B.RUBTSOVA¹

¹Russian Academy of Medical Sciences Research Institute of Occupational Health,
²I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, e-mail: lapokhodzey@yandex.ru
mailto:rubtsovi@butovo.com

Since 1989 RAMS Institute of Occupational health has carried out complex regular researches on ecological and hygienic significance of natural electromagnetic fields (EMF) analyses, hygienic evaluation of electromagnetic environment in screening constructions, hypo geomagnetic environment prevalence in occupation and in life, clinical, physiological and epidemiological studies of workers in hypo geomagnetic condition health, theoretical and experimental investigations hypo geomagnetic field biological effects mechanisms.

As the result of carried out investigations has been shown that hypo geomagnetic fields are wide spread occupational and environmental factor. There were shown its high hygienic significance as workers health risk factor and was developed scientific principle of its hygienic regulation in occupation and life in view of human every day stay in hypogeomagnetic fields duration (SnRaN 2.1.8/2.2.4.2489-09 “Hypo geomagnetic fields in industrial, inhabited both public buildings and constructions”). Special device: magnetometer three-component small-sized (MTM-01) suitable for hypogeomagnetic field operative control has been developed. This device is including into measurement means State Register of the Russian Federation (№35950-07).

Long time work in hypo geomagnetic environment in case of permissible limit value excess under complex of another occupational factors exposure induces the expressed effects to functional state of nervous, cardiovascular immune systems, blood system, leads to human organism accelerated ageing. The high relative risk of arterial hypertension and ischemic illness of heart development as well as formation of these forms of pathology at younger age, infringement of nonspecific protection factors and organism immunological reactance with formation of a quantitatively-functional immunodeficiency is revealed.

Last years successes by way of biophysical substantiation of hypo geomagnetic environment effects on living organisms possible mechanisms were outlined: the theories of nuclear magnetic, cyclotron and paramagnetic resonances, interferences of quantum statuses of molecules in ideal fiber cavity and an interference of molecular gyroscope etc., have been development .

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОДЕЛИРУЕМЫХ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ ДАЛЬНЕГО КОСМОСА НА РАЗВИТИЕ ЭМБРИОНОВ ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА

Труханов К.А.¹, Гурьева Т.С.¹, Дадашева О.А.¹, Круглов О.С.¹, Лебедев В.М.², Спасский А.В.²

¹ГНЦ РФ – Институт медико-биологических РАН, г. Москва

²Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, г. Москва

Проблема биологического действия пониженных величин геомагнитного поля (т.е. гипогомагнитных условий – ГГМУ) возникла в 70-80 годы XX столетия как фундаментальная, так и практическая. Это было вызвано все более широким использованием ферромагнитных материалов (сплавы железа и т.п.) в гражданской и военной технике, в строительстве, в частности, подземном (метрополитен, бункера и т.п.) и в других областях человеческой деятельности.

На человека пребывание в ГГМУ действует, как правило, отрицательно (см., например, [1- 4]). В результате исследований, выполненных в Институте медицины труда РАМН, Федеральном медико-биофизическом центре имени А.И. Бурназяна и в других организациях, в России установлены ограничения на предельные величины коэффициента ослабления ГМП: 1,5 - в помещениях жилых и общественных зданий; 2 - при работе более 2 часов за смену; при ослаблении до 4 - не более 2 часов (СанПин 2.1.8/2.2.4.2489-09).

Биологическое действие гипوماгнитных условий (ГМУ) оказывается важным и для такой, казалось бы, далекой от земных проблем области человеческой деятельности, как пилотируемые полеты в дальнем космосе и длительная работа на будущих лунных базах [5]. Для околоземных полетов такой проблемы нет. Действительно, на орбитах высотой 400-700 км геомагнитное поле (ГМП) всего на 20-30 % ниже, чем в регионе, над которым движется космический объект [6]. Стало быть, ослабление ГМП меньше даже тех значений, которые регламентированы для жилых и общественных зданий на Земле.

При дальнем полете человек должен на длительное время (сотни суток) оказаться в межпланетном магнитном поле (ММП), которое в тысячи и десятки тысяч меньше, чем привычное ГМП [5, 6]. Некоторые колебания, характерные для ГМП (например, шумановские - в районе десятков Гц, регулярные пульсации - Pс) в ММП отсутствуют. Между тем, они имеют, по-видимому, биологическую значимость [6].

При полетах по программе «Аполлон» (в том числе с высадкой на Луну, где собственное магнитное поле очень мало) продолжительность пребывания астронавтов вне ГМП составляла всего 10-12 суток. Предварительно были поставлены эксперименты по исследованию возможного воздействия на человека ГМП, ослабленного до 50 ± 30 нТл (т.е. примерно в 10^3 раз). Регистрировались некоторые общие показатели. Существенных изменений найдено не было. Обнаружилось лишь снижение частоты слияния световых мельканий - ЧССМ (цитировано по [4]). После выхода из «магнитного вакуума» величина ЧССМ восстанавливалась.

По-видимому, такой результат был обусловлен и сравнительно малым временем пребывания людей в ГГМУ (10 суток), и высоким уровнем их здоровья. Напомним [1-4], что при хроническом воздействии ГГМУ на рабочих местах, причем лишь на время смены, у персонала, работавшего в таких условиях, наблюдались постепенно нарастающие неблагоприятные изменения в состоянии организма, причем при сравнительно небольшой величине ослабления ГМП.

Одно из возможных решений проблемы гипوماгнитных условий в дальнем космосе заключается в создании аналога ГМП в обитаемом объеме космического корабля, используя,

например, магнитные системы типа соленоидальных [7]. При этом, как оказалось, не потребуется ни значительной массы, ни заметного энергопотребления.

Для биорегенеративных систем жизнеобеспечения экипажа (космических оранжерей, ферм и т.п.) также необходимо будет создание аналога ГМП, поскольку пребывание биологических объектов в сильно ослабленном ГМП нередко приводит к крайне нежелательным последствиям. Так, при коэффициенте ослабления (т.е. отношении величины ослабленного ГМП к его величине на местности) 700-1000, наблюдались органические изменения у белых крыс [8, 9]. Существенно менялось и их социальное поведение, причем резко возрастала агрессивность (там же). Не ясно, каков механизм запуска этого явления. Возникает опасение, не возможен ли такой эффект и среди членов экипажа в дальнем полете?

Особенно сильно действует ГГМУ на биологические объекты на стадии развития. Например, после 5-ти суток нахождения личинок тритонов в поле 50 нТл на 20-е сутки наблюдалось общее замедление развития, неправильное формирование позвоночника, аномальное развитие глаз, появлялись двухголовые особи [10]. При коэффициенте ослабления ГМП 250 останавливался рост двухклеточного зародыша мыши [11]. При инкубировании куриных яиц в поле менее 50 нТл у 20-40 % вылупившихся цыплят наблюдались парезы ног и крыльев [12]. Наблюдается сложная зависимость изменений в биобъектах от величины коэффициента ослабления ГМП.

При воздействии ГМУ на замкнутые биорегенеративные системы жизнеобеспечения будут возникать неустойчивости, нарушающие их функционирование. Длительное время были совершенно не ясны механизмы, отвечающие за биологические эффекты, вызванные отсутствием постоянного магнитного поля. Нелишне вспомнить, что лет двадцать - тридцать тому назад некоторые ведущие биофизики отрицали возможность биологического действия слабого постоянного магнитного поля. О чем же говорить, когда поля вообще нет? Сейчас имеются теоретические работы (см., например, [13, 14]), объясняющие эффекты биологического действия ГМУ на основе квантово - механических и других моделей.

Необходимые параметры (величина поля, его однородность, компоненты переменного поля) и режимы (круглосуточный или какой-то иной) аналога ГМП должны быть определены на основе дальнейших исследований. Возможно, аналог ГМП для биорегенеративных систем жизнеобеспечения будет отличаться от аналога ГМП в тех элементах обитаемого объема, в котором космонавты будут проводить основную часть времени. Для биорегенеративных систем будут характерны другие параметры поля, другие режимы работы и другие технические решения.

В качестве предварительного результата в настоящей работе были представлены данные по развитию японских перепелов в ГГМУ.

Японские перепела (*Coturnix coturnix japonica*) рассматривают как один из возможных и перспективных компонентов системы жизнеобеспечения [15]. Это самая маленькая одомашненная птица из отряда куриных, ее вес - 100-120 г. При благоприятных условиях она несет яйца каждый день, начиная с 36-ти суточного возраста, и к 46-ти дням достигает половой зрелости. Перепелиные яйца способны к длительному хранению, что объясняется наличием в нем белка лизоцима. Лизоцим обладает уникальным сочетанием ферментативных, антибактериальных, иммуномодулирующих, противовоспалительных свойств, что делает яйца перепела диетическим, лечебным продуктом. Цикл развития от закладки яиц в инкубатор и до выведения птенцов составляет 17,5-18 суток. Все эти качества позволили рассматривать перепела, как представителя гетеротрофного звена в замкнутой биорегенеративной системе жизнеобеспечения [15].

По мнению Прицкера И.Я. и Третьякова Н.П. [16] у эмбрионов, развивающихся вне матери, имеются активные реакции и приспособления, позволяющие им реагировать на изменения факторов внешней среды, что представляет для исследований большие возможности.

Известно, что эмбриональное развитие – это процесс, имеющий две взаимосвязанные характеристики: рост и дифференцировку, но в некоторые периоды развития один из этих процессов может быть несколько ослаблен, а другой, наоборот, усилен. Основываясь только на внешних признаках развития зародыша, можно выделить последовательные стадии в развитии эмбриона японского перепела, которые отличаются условиями, в которых проходит развитие зародыша, а также особыми формами обмена веществ.

П.Г. Светлов создал теорию критических периодов в онтогенетическом развитии животных [17].

В эмбриогенезе японского перепела можно выделить 4-е возрастные критические этапа: 4-е, 7-е сутки, 10 и 15-16 сутки развития, которые отличаются не только анатомическими и морфометрическими данными, но особыми формами обмена. В эти периоды повышенной чувствительности далеко не обязательно наступает смерть эмбриона, так как поражение его отдельных зачатков дает ему возможность развиваться до определенного времени в остальных его частях нормально. Зная, когда и как развиваются органы и системы эмбриона японского перепела, можно предположить, какое влияние будет оказывать на их развитие факторы внешней среды.

Анализ литературы и результаты, полученные в экспериментах по изучению эмбриогенеза японского перепела, развившихся в различных условиях среды, позволило рассмотреть вопрос об использовании эмбрионов как объекта оценки фактора среды.

Целью данной работы является оценка влияния ГМУ на ранний эмбриогенез японского перепела.

Методика.

Для исследования влияния ГМП на эмбриональное развития перепела использовали систему катушек Гельмгольца. Катушки Гельмгольца, названные так в честь предложившего их еще в XIX веке известнейшего физика и физиолога, представляют собой систему двух одинаковых токовых витков (обычно, кольцеобразных), расположенных на общей оси. Расстояние между центрами витков должно быть равным радиусу витка, а ток - иметь одно и то же направление. Тогда в плоскости симметрии в области около оси магнитное поле близко к однородному, но несколько меняется в зависимости от расстояния до нее. Вместо кольцеобразных нередко используют квадратные рамки. С помощью трехкомпонентной системы катушек Гельмгольца можно создать магнитное поле, направленное против компонент ГМП, и тем самым ослабить его до необходимой величины (рис. 1). Коэффициент ослабления соответственно несколько отличается в различных точках плоскости симметрии.

В области с наибольшим ослаблением ГМП (центр установки) размещался инкубатор. Он представлял собой прозрачную коробку из органического стекла, внутри которой на специальной подставке находились яйца перепелов. Подставку можно было поворачивать на некоторый угол, изменяя положение яиц в инкубаторе относительно направления силы тяжести и имитируя тем самым то, что делает наседка при насиживании. Два змеевика из органического стекла были расположены сверху и снизу коробки. К змеевикам были подведены шланги с теплой водой от термостата V-8 фирмы Termex. Для дополнительной теплоизоляции инкубатора использовали поролон. Теплоизоляция шлангов, по которым подавалась вода от термостата к змеевикам, не потребовалась.

Температура среды, в которой происходило развитие эмбрионов, измерялась 2 жидкостными термометрами. Величина ослабления ГМП определялась по показанию 3-х компонентного магнитометра производства «НПО ЭНТ» (г. СПб). Коэффициент ослабления ГМП в различных точках инкубатора составлял от $8 \cdot 10^1$ до $1 \cdot 10^2$.



Рис. 1. Система Гельмгольца с квадратными рамками.

Компоненты установки:

- каркас системы из квадратных рамок со стороной 55 см; толщина намотки катушек - 2 см;
- стабилизированные источники постоянного тока (3 шт.) для компенсации ГМП по трем компонентам (X, Y, Z);
- термостат V-8 фирмы Termex;
- инкубатор со специальной подставкой для яиц японского перепела;
- 2 жидкостных термометра для измерения температуры в инкубаторе;
- высокочувствительный 3-х компонентный магнитометр НВ0204204.4А производства «НПО ЭНТ».

Собранные в течение 3-4 суток от одного поголовья перепела яйца закладывали в подставку тупым концом вверх в количестве 8 штук и устанавливали в инкубатор, в котором автоматически поддерживалась температура в пределах $+37,5 \pm 1,0$ °С и относительная влажность в пределах 60–80%. Длительность эксперимента составляла 4 суток. В контрольных экспериментах компенсацию магнитного поля отключали. Проводился также дополнительный контрольный эксперимент в лабораторном инкубаторе для выращивания японских перепелов и других научных экспериментов.

После выемки яиц из инкубатора обработку проводили по следующей схеме: вскрывали скорлупу яйца в области тупого конца и осторожно выливали содержимое яйца в чашку Петри. Визуальный осмотр содержимого яйца и самого эмбриона проводили с помощью увеличительной линзы с подсветкой. Определяли стадии развития эмбрионов, отмечали состояние желтка, сосудов желточного мешка, белковых оболочек, сосудистого поля и хориоаллантаиса. После чего эмбрион осторожно освобождали от оболочек и проводили осмотр с последующим фотографированием.

Результаты.

В норме 4-суточный зародыш имеет четко выраженные анатомические данные с зачатками крыльев и лап, с развитым пигментированным глазом и завершенным органогенезом. На этом этапе развития кровеносные сосуды покрывают половину

желточного мешка (рис. 2). Кровообращение – это первая функционирующая система развивающегося эмбриона. На 3-4 сутки развития начинается процесс формирования четырехкамерного сердца, когда между предсердиями начинает расти перегородка.

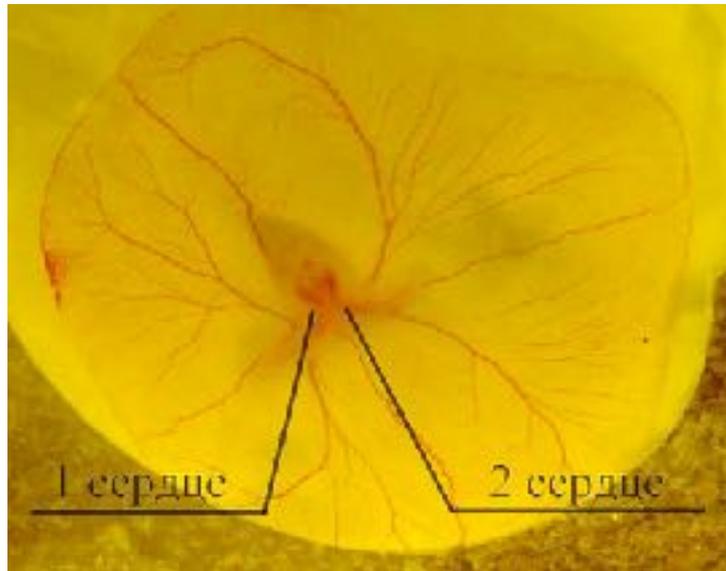


Рис. 2. Норма развития у 4-х суточных эмбрионов японского перепела.

Эксперимент проводился трижды, контроль – дважды. При осмотре эмбрионов, развивавшихся в ГГМУ в течение 4-х суток, выяснилось, что все они были живыми и соответствовали 3-4 суткам развития. Однако следует отметить, что почти у каждого зародыша имелись нарушения в развитии сердечно-сосудистой системы, выражающиеся в аномалии развития анатомии сердца и его сосудов. Особенно ярко проявляется воздействие ГГМУ на развитие сосудов желточного мешка. Выявилось полнокровие сосудов 1-го порядка (рис. 3) и нарушение сосудистого рисунка: сосуды 1-го порядка укорочены, а разветвление их на сосуды 2-го порядка начинаются практически у сердца (рис.4, 5). К тому же у некоторых эмбрионов отмечалось малокровие капилляров, которое приводит к анемии отдельных частей туловища (нижней части тела и головы) (рис. 6).



*Рис. 3. Эмбрион японского перепела 4-е сутки. Опыт.
Полнокровие сосудов 1-ого порядка.*



*Рис. 4. Эмбрион японского перепела 4-е сутки. Опыт.
Наличие двух сердец с развитой системой
кровеносных сосудов от каждого сердца.*



*Рис. 5. Эмбрион японского перепела 4-е сутки. Опыт.
Сосуды 1-ого порядка укорочены и разветвление их на*

сосуды 2-ого порядка начинаются практически у сердца.



*Рис. 6. Эмбрион японского перепела 4-е сутки. Опыт.
Наличие анемии нижней части туловища.*

Таким образом данные, полученные в серии наших экспериментов, показывают, что инкубирование перепелиных яиц в гипогеомагнитном поле оказывает неблагоприятное воздействие на ранней период эмбрионального развития японского перепела, вызывая у них серьезные нарушения в формировании сердечно-сосудистой системы. Кроме того, у некоторых эмбрионов наблюдалась односторонняя и 2-сторонняя микрофтальмия (недоразвитие глаза), расщепление позвоночника на уровне нижнегрудного-поясничного отдела с образованием двух туловищных отделов.

В экспериментах, описанных в уже упомянутой выше работе [12], выполненной на куриных яйцах при гистологическом исследовании эмбриона были выявлены нарушения сосудистого рисунка, очаговые расширения мелких сосудов в миокарде желудочков сердца, а также обнаружены спавшиеся кровеносные сосуды капилляров печени в отдельных ее участках долек. При исследовании вылупившихся цыплят, развившихся в условиях гипомагнитной обстановки, у всех без исключения наблюдалось парезы крыльев и ног до 60 % от числа вылупившихся.

Таким образом, уже при коэффициентах ослабления ГМП порядка 80 – 100 на четвертый день развития эмбрионов японского перепела наблюдаются, по сравнению с нормой, большие изменения в сердечно – сосудистой и других системах. Некоторые из них в дальнейшем, возможно, будут несовместимы с жизнью. Не исключено, что при больших величинах ослабления ГМП и на более поздних сроках будут наблюдаться еще более серьезные изменения в развитии эмбрионов.

Полученные результаты не позволяют рассматривать японского перепела как возможного представителя гетеротрофного звена в замкнутой биорегенеративной системе жизнеобеспечения при гипомагнитных условиях дальнего полета и на лунной базе без принятия специальных мер компенсации воздействия ГМУ. Вероятно, те же самые

соображения относятся и к другим возможным представителям гетеротрофного звена биорегенеративной системы.

Очевидный вывод состоит в том, что те или иные системы искусственного геомагнитного поля (аналог ГМП) на межпланетном пилотируемом корабле необходимы не только для космонавтов, но и для всего живого на борту. Это - наиболее простое и эффективное, а может быть и единственное решение возникшей проблемы.

Необходимо интенсивное продолжение и расширение исследований особенностей и механизмов биологического действия гипомагнитных условий, в том числе для четкого понимания, какие параметры и режимы аналога ГМП обеспечить в космическом полете и на лунной базе. Одновременно это будет существенным продвижением в фундаментальной проблеме роли и важности ГМП для жизни на Земле.

Следует подчеркнуть, что даже возможное существенное сокращение сроков межпланетного полета не снимет проблемы воздействия на экипаж корабля и на биорегенеративные системы жизнеобеспечения гипомагнитных условий межпланетного пространства и на поверхности Луны и Марса.

Литература

1. Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б. Гипогеомагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование // III Международная конференция «Человек и электромагнитные поля». Саров. 24-27 мая 2010. С. 185-193.
2. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные поля как один из неблагоприятных факторов среды // Международное совещание «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование». Москва. 18-22 мая 1998. /под редакцией Репачоли М.Х., Рубцовой Н.Б. Муц.А.М. WHO/SDE/OEH/99.5/ Geneva. Switz. С. 237-246.
3. Григорьев Ю.Г. Реакция организма в ослабленном геомагнитном поле (эффект магнитной депривации) // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т.35. В. 1. С. 3-18.
4. Копанев В.И., Шакула А.В. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты. Л.: Наука. 1985. 73 с.
5. Григорьев А.И., Потапов А.Н., Светайло Э.Н. Медико-биологические аспекты марсианской экспедиции. // Физиол. чел. 1997. Т.23, №1. С. 88-92.
6. Труханов К.А. Человек и ЭМП в космическом полете // Ежегодник РНКЗНИ за 2007 г. С. 31-50.
7. Луганский Л.Б., Труханов К.А. Создание аналога геомагнитного поля в обитаемом объеме межпланетного корабля // Авиакосм. и эколог. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 54-56.
8. Кривова Н.А., Труханов К.А., Замощина Т.А. и др. Повышение агрессивности крыс при экспозиции в условиях гипогеомагнитного поля // Авиакосм. и эколог. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 30-32.
9. Кривова Н.А., Труханов К.А. Брать ли на Марс магнитное поле Земли? // Наука в России. 2010. № 3. С. 4-9.
10. Asashima M., Shimada R., Pfeifer C.J. Magnetic shielding induced early developmental abnormalities in the Neut // Bioelectromagnetics. 1991. V. 12. P. 215-224.
11. Осипенко М.А., Межевкина Л.М., Крафтс И.В., Яшин В.А., Новиков В.В., Фесенко Е.Е. Влияние "нулевого" магнитного поля на рост эмбриональных клеток и ранних зародышей мыши в культуре in vitro // Биофизика. 2008. Т. 53, в. 4. С. 705.
12. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск.: Наука, 1985. 185 с.

13. Бинги В.Н. Магнитобиология. Эксперименты и модели. М.: Милта. 2002. 592 с.
14. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей. // Биофизика 1996, Т. 41, вып. 1. С. 224.
15. Сычев В.Н., Левинских М.А., Гурьева Т.С. и др. Исследование замкнутых экологических систем жизнеобеспечения. Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. 2002. Т. 2 Медико-биологические эксперименты. Глава 6. с. 306-365.
16. Прицкер И.Я., Третьяков Н.П. Инкубаторы и их эксплуатация. Сельхозгиз. 1937г. Москва. С. 28-32.
17. Светлов П.Г. Теория критических периодов развития и ее значение для понимания действия среды на онтогенез. Сб. Вопросы цитологии и общей физиологии. Изд. АН СССР. М.- Л. 1960, 263.

INFLUENCE OF SIMULATED HYPOMAGNETIC CONDITIONS OF DEEP SPACE ON EMBRYO DEVELOPMENT OF THE JAPANESE QUAIL

Trukhanov K.A.¹, Gurieva T.S.¹, Dadasheva O.A.¹, Kruglov O.S.¹, Lebedev V.M.², Spassky A.V.²

¹RF State Research Center – Institute for Biomedical Problems, Russian Academy
Of Sciences, Moscow,

²Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics Of Moscow State University, Moscow

During future interplanetary flights and on the lunar base astronauts and bioregenerative systems on the space ship will be in an interplanetary magnetic field, which is much lower than the habitual geomagnetic field (GMF). It's known that hypomagnetic conditions make an adverse biological effect on human being and another living systems. In our research the Japanese Quail has been chosen as an object as a possible element of the bioregenerative live support system. The magnetic system – Helmholtz's coils – is used for compensation of GMF. The GMF in the center of Helmholtz's coils was decreased to 80 – 100 times. Eggs were in a special nonmagnetic incubator. The experiment under hypomagnetic conditions was carried out 3 times and control experiment was carried out twice. The eggs were kept under hypomagnetic conditions for 4 days. It has been found out that all embryos were alive and corresponded to their three - four days of their development. However serious anomalies in the development of the cardiovascular system were found in all embryos. Some another systems of embryos were damaged too.

Thus the experiments have demonstrated negative influence of hypomagnetic fields on embryo development of the Japanese Quail. The creation of GMF analogue onboard of the interplanetary ship and on a lunar base with a special magnetic system was offered earlier for human being. Evidently it is necessary to create an analogue of GMF for bioregenerative live support systems.

Thereby an importance of geomagnetic field for development of biological objects on the Earth is confirmed once more.

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭМП РЧ
НЕТЕПЛОВЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ
РЯДА ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ
СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ, КОМПЕНСАТОРНЫХ РЕЗЕРВОВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА**

А.В. Шафиркин¹, Ю.Г. Григорьев², А.Л. Васин³, С.В. Татаркин¹

¹Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва

²Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России

³Научный клинический центр ОАО «РЖД»

АННОТАЦИЯ

В работе проведены ретроспективный анализ и сопоставление экспериментальных исследований, касающихся рассмотрения эффектов хронического воздействия ионизирующих излучений (ИИ) и электромагнитных полей сверх высоких частот (ЭМП СВЧ) нетепловых интенсивностей. Было проведено также сравнение различных видов неопухолевых заболеваний, частоты и скорости их развития у людей в результате хронических воздействий ионизирующих излучений и ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей. В свете концепции Г. Селье о развитии неспецифической физиологической реакции организма в ответ на хронический стресс рассмотрены эффекты комбинированного действия химического загрязнения и ионизирующей радиации.

Предлагаются новые подходы к стандартизации воздействия ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей, а также других физических и химических факторов. Они основаны на использовании на практике ряда количественных показателей для описания изменения состояний функциональных систем, компенсаторных резервов и устойчивости организма, включающей обобщенный логарифмический показатель

В реальной жизни человек подвергается воздействию целого комплекса факторов физической, химической и биологической природы, а также ряда социальных факторов. Длительное воздействие любого из этих факторов с интенсивностями, превышающими обычные фоновые уровни, приводит к развитию выраженной стрессовой реакции организма. В соответствии с учением Г. Селье о стрессе [1-3] имеет место развитие общего адаптационного синдрома (ОАС) — комплекса стереотипных филогенетически запрограммированных неспецифических реакций организма, направленных на повышение его устойчивости. Большинство исследователей неспецифической адаптационной реакции организма при хроническом воздействии различных факторов умеренной интенсивности отмечают развитие трех последовательных стадий хронического стресса, соответствующих ОАС: стадии тревоги, стадии активации и стадии истощения [4-11].

После непродолжительной по времени реакции тревоги (мобилизационный период реализации процессов обратной связи и подготовки организма к возможному усилению интенсивности воздействия фактора) наступает стадия активации гипоталамо-гипофиз-надпочечниковой системы и возбуждение симпатической нервной системы. При этом наиболее характерным является значительное напряжение регуляторных систем организма, усиление интенсивности метаболических процессов, обмена веществ и скорости

пролиферации в обновляющихся тканевых системах, обеспечивающие на этой стадии, как показывают многочисленные опытные данные, повышение резистентности организма к различным экстремальным воздействиям [1-6, 8-11]. Интенсивность регуляторных механизмов и подключение компенсаторных резервов организма оказываются зависимыми по линейному или степенному закону от интенсивности внешнего воздействующего фактора. Однако увеличение нейросекреторной и гормональной активности в этот период приводит к заметному увеличению скорости снижения компенсаторных резервов организма [7, 10-15].

Длительное действие стрессового фактора и напряжение регуляторных систем обычно приводит к их перенапряжению, к истощению компенсаторных резервов, снижению адаптационных возможностей организма, к увеличению вероятности срыва адаптации и снижению работоспособности и жизнеспособности организма. При эпидемиологических обследованиях профессиональных работников отмечаются более ранние возрастные изменения, свидетельствующие об ускоренном старении, наблюдается значительное увеличение частоты различных заболеваний [5, 7, 11, 13-16].

В настоящее время отмечается резкое увеличение общего уровня воздействия электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на человека. Это воздействие осуществляется в широком диапазоне частот, характеризуется сложным видом распределения интенсивности во времени и имеет тенденцию все большего увеличения использования различных режимов генерации. Все население, включая детей и подростков, подвергается постоянному воздействию ЭМП СВЧ, в связи с широким распространением сетей мобильной связи и резким увеличением числа пользователей сотовых телефонов (СТ).

Обсуждению вопросов опасности для здоровья человека воздействия электромагнитных полей в этом частотном диапазоне посвящено большое число международных конференций, симпозиумов. Предполагается, что причиной рака, изменения поведения, потери памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера и ряда других болезней может явиться облучение ЭМП [17-19].

Особенно остро проходят дискуссии, поскольку до настоящего времени имеются существенные расхождения в научных подходах нормирования электромагнитных полей сверхвысоких частот существующие в России, а также в ряде европейских стран и США, что обуславливает расхождение предельных нормативных уровней интенсивностей в этом частотном диапазоне в 100 и даже в 1000 раз.

Эти различия относятся прежде всего к признанию или непризнанию возможности развития неблагоприятных биоэффектов под влиянием электромагнитного излучения нетепловой интенсивности (до 1 мВт/см²).

В США и ряде европейских стран более высокие нормативные уровни основаны лишь на острых кратковременных воздействиях ЭМП и на исключении заметного нагрева тканей организма (полное игнорирование теплового эффекта). В то же время в целом ряде научно-исследовательских центров СССР: в Москве, Санкт - Петербурге, Киеве, начиная с 60-х годов прошлого столетия, проведено большое число экспериментальных исследований, по хроническому воздействию ЭМП в широком частотном диапазоне и в частности в диапазоне высоких и сверхвысоких частот. Эти исследования показали наличие прямого повреждающего действия ЭМП на головной мозг, морфологическую структуру нейронов, функции центральной нервной системы (ЦНС), на изменение иммунного и биохимического статуса организма, на ухудшение репродуктивной функции при хроническом облучении животных низкими нетепловыми интенсивностями (с плотностью потока энергии (ППЭ) 50 мкВт/см² и выше). Подробный обзор результатов 30-ти летних экспериментальных исследований и эпидемиологических наблюдений в СССР представлен в обобщающих работах [7, 11, 13, 20, 21].

В указанных работах показано, что при воздействии электромагнитных полей радиочастот (ЭМП РЧ) нетепловых интенсивностей ответная реакция имеет место на всех уровнях: клеточном, системном и организменном. Рассмотрены прямые аналогии в отношении развития неблагоприятных реакции организма в ближайшем и отдаленном периодах при действии ионизирующих излучений (ИИ) и ЭМП РЧ. Как и при воздействии ИИ отмечено наличие прямого действия ЭМП на мозг (непосредственное повреждение нейронов в коре головного мозга, подкорковых ганглиях, гипоталамусе) на изменение проницаемости гемато-энцефалического барьера, на память и состояние условно-рефлекторной деятельности. Наблюдали отчетливые изменения импульсации корковых нейронов под влиянием микроволнового облучения, что может приводить к нарушению передающей информации в структуры мозга, ответственные за регуляторные процессы в организме и его адаптационный ответ.

В работах [7, 11, 13, 17, 21] показано, что одной из систем, наиболее рано и закономерно вовлекаемых в ответную реакцию организма на воздействие различных факторов внешней среды, в том числе и при воздействии ЭМП, является гипоталамо-гипофиз-надпочечниковая система (ГГНС). Как и при действии ИИ, при длительном воздействии ЭМП различной интенсивности в начальном периоде происходит активация гормональной активности гипофиза, повышается уровень гормонов коры надпочечников, щитовидной и половых желез. Степень гормональной активации и глубина изменений в организме оказываются непосредственно зависимыми от интенсивности ЭМИ. При достаточно высоких значениях интенсивности и чрезвычайно напряженной работе адаптационных систем отмечается быстрое истощение компенсаторных возможностей организма и наблюдается прогрессивное увеличение частоты различных заболеваний, что продемонстрировали результаты медико-гигиенических и эпидемиологических исследований.

Проведенный в обобщающих работах [7, 11, 21, 22] анализ значительного числа экспериментов с хроническим облучением животных ЭМИ в диапазоне частот 850-9400 МГц с низкими нетепловыми уровнями воздействия и плотностью потока энергии (ППЭ) 50-500 мкВт/см², показал отчетливые изменения показателей высшей нервной деятельности (ВНД). Первоначальное снижение порогов электрокожного раздражения и увеличение двигательной и исследовательской активности животных в течение первого месяца воздействия сменялось увеличением порогов и существенным снижением двигательной и исследовательской активности к 3-4 месяцам облучения и в период последствия, что свидетельствовало о преобладании тормозных процессов в ЦНС. В отдельных работах отмечали снижение показателей условно-рефлекторной деятельности (УРД) и способности животных к выработке сложных условных рефлексов уже при хроническом воздействии с ППЭ 50 мкВт/см². При этом у животных наблюдали нарушения консолидации следов памяти, снижение числа межсигнальных реакций и удлинение сроков выработки УР [21, 22].

В экспериментах по изучению иммунной резистентности животных в процессе хронического воздействия СВЧ ЭМП уже при интенсивностях 50-60 мкВт/см² отмечено выраженное изменение состояния клеточного и гуморального иммунитета. Уже в первых поисковых исследованиях в начале 70-х годов [23, 24] было показано, что 14-30 суточное воздействие СВЧ ЭМП с ППЭ 50 мкВт/см² нарушает антигенную структуру мозга, что приводит к образованию сенсibilизированных лимфоцитов и развитию аутоиммунных реакций. Используя метод активной анафилаксии с десенсибилизацией, авторы показали, что после воздействия изменяется антигенный состав тканей мозга, печени, почек, селезенки, появлялись новые антигены и отмечено исчезновение части нормальных антигенов. У подопытных животных (крыс, морских свинок, кроликов) в результате действия СВЧ ЭМП

возникали антитела как к нормальной, так и к измененной в антигенном отношении мозговой ткани. Этот процесс наблюдался при использовании в качестве антигена как ткани облученных, так и ткани мозга необлученных животных. При увеличении длительности воздействия имело место постепенное накопление в организме животных специфических реактинов (структурно измененных белков). Наиболее высокие титры противомозговых антител регистрировали через 2-3 недели после воздействия. Увеличение по сравнению с контролем составило 11,5 и 3,3 раза. Наблюдалось повышение титров комплемента и лизоцима в сыворотке крови, значительное увеличение количества бляшек аутоиммунного гемолиза и усиление дегрануляции базофилов в сыворотке крови со 2-го месяца. При увеличении интенсивности микроволнового излучения 100 и 500 мкВт/см² реакции были более выраженными и сохранялись длительное время после воздействия [21, 25-30].

Анализ биохимических данных позволил обнаружить, что длительное облучение крыс ЭМП СВЧ с ППЭ 100 мкВт/см² и выше приводит к глубоким изменениям в углеводном, белковом и энергетическом обмене, которые по степени выраженности возрастали при увеличении интенсивности воздействия ЭМП. При непрерывном облучении указанные изменения имеют место уже при ППЭ 60 мкВт/см² [21, 26]. Отмечали повышение в сыворотке крови содержания низкомолекулярных азотистых соединений мочевины и остаточного азота, являющихся конечными продуктами белкового метаболизма, что свидетельствовало о превалировании процессов катаболизма белков в организме. Снижение количества углеводов во всех подопытных группах (глюкозы в крови и гликогена в печени и головном мозге) связывалось авторами с нарушением процессов окислительного фосфорилирования (оксидоредукции) в условиях повышенного гликогенолиза с более интенсивной утилизацией углеводов в органах и тканях. В частности происходило угнетение активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ) и цитохромоксидазы в митохондриях печени и головного мозга крыс. Наряду с этим, была повышена активность металлоферментов церулоплазмينا и трансферина в сыворотке крови. Выявленные изменения активности ферментов – маркеров митохондриальных мембран обусловлены нарушениями под действием ЭМП сопряженных с фосфорилированием электронно-транспортных процессов, с нарушением проницаемости биомембран для ионов, коферментов и других метаболитов. Этот мембраноповреждающий эффект может приводить к замедлению транспорта электронов по дыхательной цепи и снижению эффективности процесса энергообразования, о чем свидетельствовало угнетение активности цитохромоксидазы и СДГ.

Отмечено также неблагоприятное воздействие ЭМП на показатели репродуктивной функции и состояние потомства при хроническом воздействии ЭМП (850-9400 МГц) с ППЭ 100-500 мкВт/см². Наблюдалось увеличение эмбриональной смертности и жизнеспособности потомства, зафиксировано уменьшение массы и размеров плодов при рождении и в постнатальном периоде, удлинение сроков развития шерстяного покрова и срока открытия глаз. Представленные экспериментальные результаты, полученные в результате многолетних исследований, составили основу для нормирования и установления значений предельных уровней интенсивности воздействия (ПДУ) и энергетических экспозиций (ЭЭ) для ЭМП УВЧ и СВЧ диапазона [21].

Большое значение для гигиенического нормирования имеют сопоставительные данные о подробных обследованиях персонала, работающего с источниками ИИ и ЭМП РЧ. Анализ клинических материалов по отдаленным нарушениям в вегетативной и центральной нервной системе, а также в сердечно-сосудистой системе у профессиональных работников первых предприятий атомной промышленности спустя 30–45 лет (производственное объединение «Маяк» Челябинской обл.), которые в течение многих лет подвергающихся хроническому действию ИИ в различных дозах, представлен в целом ряде обобщающих

работ [7,10–13, 15, 16, 31]. Исходя из этих материалов можно отметить, что в группах людей, которые начинали свою профессиональную деятельность в конце 40-х, начале 50-х годов и подвергались воздействию с относительно большими значениями мощностей доз в пределах 50–100 сЗв в год, уже через 2–4 года работы при облучении в дозах 150–400 сЗв отмечали значительное снижение компенсаторных возможностей высших отделов ЦНС, выражающееся в резком (до 50–70%) увеличении частоты астенического синдрома, сопровождающегося повышением психической утомляемости, снижением памяти, нарушением взаимодействия анализаторов, значительным увеличением спектра и количества жалоб на плохое самочувствие. Также быстро увеличивалась частота вегето-сосудистой дистонии (ВСД). Наблюдали усугубление сосудистых изменений и нарушений периферического кровообращения. Увеличивалась частота жалоб на боли в конечностях, онемения, многообразные нарушения кровообращения в костных структурах. Отмечали повышение функциональной неустойчивости ССС к дополнительным нагрузкам и патогенным воздействиям. Эти изменения, связанные с перенапряжением компенсаторных процессов, быстрым истощением ЦНС и ее регулирующей роли, приводящие к развитию серьезной сосудистой патологии, определили уже значительное ухудшение здоровья и работоспособности профессиональных работников в отдаленном периоде, когда увеличивалась частота нарушений в системе кровообращения, в том числе цереброваскулярных болезней, болезней сердечно-сосудистой системы (ССС). Значительно увеличивался риск инфарктов и инсультов [7,10–13, 15, 16, 31].

О неспецифическом характере наблюдаемых изменений (в том числе более частой заболеваемости со стороны ЦНС и ССС) можно судить также в связи с тем, что аналогичные изменения отмечаются не только при радиационном облучении с относительно высокими значениями мощностей доз, превышающими 15 сЗв/год. Эти изменения отмечены также у моряков в длительных плаваниях [32], при длительном воздействии психо-эмоционального стресса у населения, проживающего в районах повышенного радиационного фона в результате аварии на ЧАЭС [33]. Аналогичные проблемы, связанные с психической астенизацией космонавтов в длительных космических полетах, отмечены в работе [34].

В исследовании [35], посвященном экологии человека опасных профессий представлена динамическая характеристика функциональных резервов организма при продолжительном действии ряда экстремальных факторов. Она включает три последовательных фазы: оптимума, напряжения и истощения. При этом имеется ввиду истощение комплекса функциональных резервов, включающего резервные возможности регуляторных систем организма, резервы вегетативных функций и психо-физиологические резервы. При развитии таких состояний увеличивается частота нарушений регуляции, отмечается целый комплекс проявлений ухудшения состояния здоровья у лиц опасных профессий (летчиков, моряков, космонавтов), характеризуемый уже через несколько лет работы синдромом вегето-сосудистой дистонии и астеническим синдромом. В этих условиях заметно ухудшаются показатели работоспособности, и возрастает частота ошибок при аналитической работе и операторской деятельности. В рассматриваемой работе показано, что у летчиков, профессия которых постоянно усложняется, протекает в условиях резкого дефицита времени и связана с чрезвычайно высокой ответственностью и постоянной психо-эмоциональной напряженностью, чаще, чем у лиц обычных профессий отмечается целый ряд заболеваний в отдаленном периоде [11, 35].

Анализ результатов медико-гигиенических исследований и длительных эпидемиологических наблюдений работников, подвергавшихся длительному воздействию ЭМП высоких и сверхвысоких частот, представленный в обзорных работах [7, 11, 13, 15, 16-18], показал, что несмотря на существование в настоящее время в России более жестких,

чем в других странах, нормативных уровней воздействия электромагнитных излучений для профессионалов, у них формируются в ближайшем и в отдаленном периодах целый спектр неблагоприятных изменений состояния здоровья.

При изучении длительного действия ЭМП на организм человека также отмечено, что наиболее ранними клиническими проявлениями являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся в виде ВСД и астенического синдрома. Определены три синдрома по мере усиления тяжести заболевания: астенический, астено-вегетативный и гипоталамический. Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются в начальный период в виде нейроциркуляторной дистонии, характеризуемой лабильностью пульса и артериального давления, с склонностью к гипотонии, болями в области сердца [36].

В работе [37] исследователи осуществляли 5-ти летнее наблюдения за состоянием здоровья работников промышленного предприятия, испытывающих и обслуживающих СВЧ генераторы. Авторы сделали вывод, что механизм реализации неблагоприятного действия ЭМП связан с перенапряжением высших центров вегетативной регуляции, следствием чего является истощение функциональных возможностей адаптивных механизмов организма человека и снижение его устойчивости к дополнительным неблагоприятным внешним воздействиям, что является причиной повышения частоты заболеваемости. В более позднем периоде работы развивается патология со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. При этом увеличивается частота болезней системы кровообращения, наблюдаются нейроциркуляторная дистония преимущественно кардиального и гипертонического типа с признаками гипоталамической недостаточности с ангиоспастическими реакциями, которые в ряде случаев приводят к нарушениям мозгового и коронарного кровообращения.

Как при длительном действии ИИ на работников предприятий атомной промышленности, у работающих в условия воздействия электромагнитных излучений СВЧ раньше, чем у лиц контрольной группы диагностируется такая возрастная патология, как гипертоническая болезнь, церебральный атеросклероз, приводящие к увеличению частоты инфарктов и мозговых инсультов. С увеличением длительности работы развиваются патологические изменения со стороны других органов и систем [38]. Резкое увеличение частоты отдаленных неблагоприятных последствий при действии на работников ЭМП высокой частоты, а также ЭМП СВЧ по сравнению с контрольными группами обследуемых свидетельствовало по данным исследователей о значительном напряжении регуляторных систем, снижении резервов организма, об ускорении процессов старения [11, 13, 15, 16, 37-39]. Авторы исследований оценивают возможное сокращение средней предстоящей продолжительности жизни на 4-10 лет.

В ряде обзорных работ [7, 11, 15, 16, 18] показано, что существующие в России нормативные уровни воздействия электромагнитных излучений на население в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц возможно потребуют даже своего ужесточения, поскольку даже они в условиях сложившейся уникальной электромагнитной обстановки (воздействия на населения излучения СТ и базовых станций) не могут полностью гарантировать безопасность для населения в обозримом будущем. Однако до сих пор большой объем результатов исследований, выполненных учеными СССР, игнорируется, подвергается необъективной критике некоторыми зарубежными учеными и не принимается во внимание при разработке Международных стандартов.

Как указывалось в работе [19] Консультативный комитета ВОЗ по предложению Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений принял

решение воспроизвести ранее полученные в СССР результаты по биоэффектам хронического воздействия ЭМП СВЧ малой нетепловой интенсивности, учитывая их большую значимость.

ВОЗ в рамках международной программы «ЭМП и здоровье» предложил повторить в России и во Франции в присутствии независимых ученых-экспертов эксперименты по хроническому воздействию на крыс ЭМП СВЧ излучения нетепловой интенсивности в тех же радиационных условиях, которые были осуществлены в СССР в Киеве в 1985-1986 гг. [25, 29].

В работах [40-42] представлены результаты повторного эксперимента, проведенного в России в 2005-2007 гг., по изучению изменений в иммунологическом статусе крыс после облучения животных ЭМП 2450 МГц низких нетепловых интенсивностей (ППЭ 500 мкВт/см²) в течение 7 часов ежедневно на протяжении 30 суток в безэховой камере. Эти исследования проводились параллельно в лаборатории Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России и в Университете г. Бордо во Франции по согласованному с ВОЗ и международным наблюдательным комитетом (International Oversight Committee (IOC)) унифицированному протоколу, с использованием единых методик и программ статистической обработки результатов.

В обеих лабораториях для исследования был использован иммуноферментный анализ «ELISA» [41] с введением крысам 16-ти различных антигенов на 7 и 14 сутки после окончания облучения с последующим количественным анализом образующихся антител у животных в основной группе А, которые подвергались воздействию ЭМП СВЧ, по сравнению с аналогичными показателями у животных группы В, содержащихся в течение 30 дней в экранированной камере, но не подвергавшихся облучению (ложное облучение), а также с виварийным контролем (группа С).

Международная независимая наблюдательная комиссия выдвинула непереносимое условие выбора единого унифицированного непараметрического критерия Манна-Уитни [13-15] для статистической обработки полученных результатов и характеристики изменений. Это требование IOC, однако, существенно ограничило возможность доказательной базы возможных серьезных различий реакции иммунной системы в исследуемых группах, что будет продемонстрировано ниже.

Для подтверждения ранее полученных в СССР результатов исследований по изменению иммунологического статуса животных, подвергаемых в течение месяца воздействию ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей с ППЭ 500 мкВт/см² [25, 29] в эксперименте, проводимым в России, использовали также методику реакции связывания комплемента (РСК) с определением в исследуемых группах на 7 и 14 сутки после облучения титров антител к антигенам из тканей мозга и печени интактных животных. Подробно эта методика и ее результаты описаны в работе [40].

В этом исследовании было получено, что у облученных ЭМП СВЧ животных (группа А) на 14 сутки после окончания облучения при использовании в качестве антигена ткань мозга крыс отмечается достоверное с высокой степенью значимости 99,9% ($p < 0,001$) увеличение логарифмов титров антител по сравнению с виварийным контролем (группа С), а также достоверное его увеличение с вероятностью 99% ($p < 0,01$) по сравнению с другим контролем (группа В -ложное облучение). Материалы проведенного исследования полностью совпали с прежними, опубликованными в литературе данными [25, 29] и подтвердили, что наибольший выход антител к ткани мозга продуцируется именно в период от 2-ой до 4-ой недели после окончания облучения.

Французские исследователи [46] по результатам своих экспериментов не обнаружили значимых изменений иммунологического статуса с использованием иммуноферментного анализа (эксперимент «ELISA») и выразили сомнения в достоверности результатов

российских исследователей, которые тем не менее отметили для ряда антигенов повышение иммунологической активности и достоверное увеличение количества антител в некоторых классах иммуноглобулинов.

Проведенный российскими учеными эксперимент по иммуноферментному анализу «ELISA» [41] вскрыл некоторые механизмы развития аутоиммунных реакций у крыс при их протяженном облучении ЭМП СВЧ диапазона. Известно, что при действии на клетки различных экстремальных факторов осуществляется активация стресс реакций, связанных с образованием сигнальных молекул активных форм кислорода (АФК) и оксида азота (NO). Они выступают в качестве сигнальных соединений в активации регуляторных механизмов клетки в ответ на возмущающие воздействия. При этом активируется перекисное окисление липидов, возникают и накапливаются повреждения молекул ДНК и белков. Происходит формирование в клетках оксидативного стресса. Данные проведенного эксперимента показали выраженное влияние облучения ЭМП СВЧ на образование белков, аминокислотные остатки которых подвергались атаке NO[•]. Количество антител в классах иммуноглобулинов IgG и IgM было достоверно большим, чем в контрольных группах. Авторы делают вывод, что воздействие на крыс в течение месяца ЭМП СВЧ с ППЭ 500 мкВт/см² оказывает влияние на формирование стресс реакций в организме, либо облученный организм реагирует выработкой антител на образование продуктов внутриклеточных реакций, связанных с образованием активных форм кислорода и оксида азота. Авторы отметили наличие достоверного увеличения количества антител только на 7 сутки, которые относились в основном к IgM [41]

В эксперименте «ELISA» при сопоставлении исследуемой реакции иммунной системы крыс на воздействие 16-ти разных антигенов оценку достоверности различий между группами А и С, а также А и В проводили по рассчитанным средним значениям показателей (характеризующих титры антител), для 11 животных каждой группы для каждого из 16 антигенов с использованием непараметрических критериев. Нами проведен сравнительный анализ (таблица 1) использования двух непараметрических критериев: критерия Уилкоксона на основе рангов положительных и отрицательных значений разностей пар сравниваемых групп (Wilcoxon matched pairs signet rank test) и U-критерия Манна-Уитни, когда устанавливаются ранги абсолютных значений показателей сравниваемых групп, которые объединяются в один числовой ряд [43-45].

Учитывая высокий уровень антител и отмеченную активную реакцию иммунной системы в контрольной группе по РСК при малом разведении 1:5 [40], можно предположить, что при использовании методики «ELISA» с применением 16-ти различных антигенов на ряд антигенов будет выраженная реакция не только в облученной, но и в контрольной группе животных. В случае использования непараметрического критерия Манна-Уитни или подобного ему критерия Уайта большая вероятность высоких значений рангов будет как в облученной, так и в контрольной группе. Поэтому различия между группами из-за выбранного менее удачного критерия чаще оказываются менее убедительными или даже недостоверными вовсе (см. данные табл.1).

Таблица 1. Достоверность различий между экспериментальными группами животных в эксперименте «ELISA», проведенном в России, которая оценена с использованием непараметрических ранговых критериев R₍₋₎-Уилкоксона и U-Манна-Уитни [43-45].

Непараметрический критерий	Сравниваемые группы	на 7 сутки после облучения			на 14 сутки после облучения		
		IgA	IgG	IgM	IgA	IgG	Ig M

W-Уилкоксона (Сравнение минимальной суммы рангов разностей $R_{(-)}$ с табличным)	A – C	$R_{(-)}=20<21$ $p<0,01$	$R_{(-)}=19<21$ $p<0,01$	$R_{(-)}=0<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=2,5<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=0<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=4<8$ $p<0,001$
	A – B	$R_{(-)}=22<31$ $p<0,05$	$R_{(-)}=6<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=1<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=3<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=6<8$ $p<0,001$	$R_{(-)}=0<8$ $p<0,001$
U-Манна-Уитни (Вычисленное по минималь- ному значению критерия U)	A и C	$U=49<51^*)$ $p<0,01$	$Z_T=1,20$ $p > 0,05$	$Z_T=1,51$ $p > 0,05$	$U=67<75$ $Z_T=2,30$ $p<0,05$	$Z_T=1,74$ $p > 0,05$	$Z_T=0,80$ $p > 0,05$
	A и B	$Z_T=1,29$ $p > 0,05$	$Z_T=1,16$ $p > 0,05$	$Z_T=1,51$ $p > 0,05$	$Z_T=1,28$ $p > 0,05$	$Z_T=1,43$ $p > 0,05$	$Z_T=0,72$ $p > 0,05$

Примечание: *) рассчитано для 15 антигенов. Достоверные различия между группами выделены жирным шрифтом

Данные, представленные в таблице убедительно показывают более высокие прогностические возможности непараметрического критерия Уилкоксона для определения достоверности различий экспериментальных групп, когда использованы ранги разностей попарно сравниваемых средних показателей антителообразования для каждого антигена интенсивности с ППЭ 500 мкВт/см², соответствующего нетепловому уровню. Эти изменения достоверны по отношению к обеим контрольным группам для всех классов иммуноглобулинов IgA; IgG и IgM и подтверждают более высокий уровень активации иммунной системы у крыс в облучаемой группе, несмотря на нетепловые уровни электромагнитного воздействия.

Определенный интерес представляет сравнение прогностических возможностей рассматриваемых критериев при выборе для анализа не средних значений по 11 животным в каждой группе для каждого антигена, а в случае применения этих критериев для каждого антигена отдельно по индивидуальным показателям образования антител у 11 животных в каждой группе. Эти данные представлены для срока 14 суток после облучения в табл.2.

Из данных табл.2 можно отметить, что по критерию Уилкоксона в группе А отмечено достоверное по сравнению с обеими контрольными группами увеличение титров антител в классе **Ig A** для 8-ми антигенов **I₁, I₄, F₃, V₃, N₁, N₂, V₂ и I₂**, в классе **IgG** для 6-ти антигенов **I₁, C, V₃, N₁, N₂, I₂**, и в классе **IgM** для 7-ми антигенов **I₁, I₄, V₃, N₁, N₅, V₂ и I₂**. В случае использования для статистического анализа U-критерия **Манна-Уитни** [43-45] прогностическое его значение существенно ниже.

В случае использования U-критерия **Манна-Уитни** достоверное увеличение иммунологической активности в группе А с облучением крыс ЭМП СВЧ по сравнению с обеими контрольными группами выявлено в классе **Ig A** лишь для двух антигенов **I₁** и **N₁**, в классе **IgG** для 3-х антигенов **V₃, N₁** и **N₂** и в классе **IgM** также для 3-х антигенов **V₃, V₂** и **I₂**. Данные табл. 2, как и материалы, представленные в табл. 1, также свидетельствуют, что на 14 сутки после 30-ти суточного хронического облучения крыс ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей достоверно отмечается существенное увеличение иммунологической активности крыс, что свидетельствует о переходе организма от нормальной к активной адаптации.

Таблица 2. Эксперимент «ELISA». Достоверность различий между группами животных оценена с использованием непараметрических ранговых критериев $R_{(-)}$ -Уилкоксона и U-Манна-Уитни для каждого отдельного антигена [43-45].

Антиген	Сравни-	IgA	IgG	IgM
---------	---------	-----	-----	-----

	ваемые группы	R(-)-Уил-коксона	U-Манна-Уитни	R(-)-Уил-коксона	U-Манна-Уитни	R(-)-Уил-коксона	U-Манна-Уитни
(I ₁) ЗОН Куп 3-гидроокси кинуренин	А и С А и В	0≤0*** 3<6**	18<21** 29,5<30*	0≤0*** 4<6**	p>0,05 20,5<21**	1,5<6** 0≤0***	p>0,05 30≤30*
(I ₄) ANT/XANT/ ЗОХАНТ	А и С А и В	3<6** ¹⁾ 7<9*	24,5<30* p>0,05	p>0,05 9<12*	p>0,05 27<30*	4<6** 8<12*	11<15*** p>0,05
(F ₃) C6-C8-C10- C12OH	А и С А и В	¹⁾ 5<9* ¹⁾ 7<9*)	10≤10*** p>0,05	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05
(С) САТ	А и С А и В	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05	¹⁾ 3,5<4** ¹⁾ 3,5<4**	p>0,05 22,5<30*	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05
(V ₃) MDA + + 4 HNE	А и С А и В	¹⁾ 1,5<4** ¹⁾ 8<9*	¹⁾ 7<10*** p>0,05	0≤0*** 3<6**	10,5<15** 27,5<30*	¹⁾ 0<4** ¹⁾ 2,5<4**	¹⁾ 5<10*** ¹⁾ 15,5<16*
(N ₁) NO ₂ - тирозин	А и С А и В	¹⁾ 3<4** ¹⁾ 0<4**	18<21** 12<15***	¹⁾ 0≤4** ¹⁾ 4≤4**	¹⁾ 0<10*** ¹⁾ 20<23*	¹⁾ 3<4** ¹⁾ 2<4**	p>0,05 ¹⁾ 19<23*
(N ₂) NO- аргенин	А и С А и В	²⁾ 6<7* ²⁾ 3≤3**	p>0,05 p>0,05	0≤0*** 9<12*	3<15*** 25<30*	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05
(N ₅) NOMet+ +NOAsp+ +NOHis	А и С А и В	3<6** p>0,05	27<30* p>0,05	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05	²⁾ 3≤3** ¹⁾ 3,5<4**	p>0,05 p>0,05
(N ₃) NOw+ +NOTyr	А и С А и В	p>0,05 p>0,05	p>0,05 p>0,05	¹⁾ 7<9* p>0,05	22<23* p>0,05	¹⁾ 4≤4** p>0,05	p>0,05 p>0,05
(V ₂) Pi (Фосфо дитил инозитол)	А и С А и В	¹⁾ 5<9* p>0,05	¹⁾ 20<23* p>0,05	¹⁾ 8<9** p>0,05	30 ≤30* p>0,05	3<6** 1<6**	19<21** 30 ≤30*
(I ₂) QUINA Хинолиновая кислота	А и С А и В	1<6** ¹⁾ 6<9*	p>0,05 p>0,05	5<6** ¹⁾ 4≤4**	p>0,05 p>0,05	0≤0*** 3<6**	2<15*** 26<30*

Примечание: ¹⁾-расчет по 10 животным; ²⁾-расчет по 9 животным
Обозначения *, **, *** соответствуют достоверности различий 95, 99 и 99,9 %
или p<0,05. p<0,01 и p<0,001 соответственно (выделены жирным шрифтом)

В общем виде характеристика степени опасности хронического действия какого-либо фактора должна строиться не на описательной, а на строго количественной основе. Важно рассмотреть наиболее принятые в настоящее время представления, определяющие последовательный постадийный переход от нормы к патологии, выбрать наиболее адекватные количественные показатели степени выраженности адаптационных процессов, напряженности регуляторных механизмов, показатели, характеризующие состояние компенсаторных резервов организма. В связи с этим в работах [7, 11, 15, 16, 50] предложена новая концепция и методология нормирования предельных уровней воздействия ЭМП, учитывая, что на человека всегда порой длительно действует целый комплекс других вредных стрессовых факторов физической, либо химической природы.

Авторы справедливо полагали, что важно не только обеспечить высокий уровень работоспособности и жизнеспособности человека в ближайшие годы его работы, но также сохранить высокий уровень его здоровья в отдаленном периоде. Для этого предложена система интегральных обобщенных показателей (см. табл. 3), включающая обобщенный логарифмический показатель (ОЛП), которая позволяет на строго количественной основе определять в зависимости от интенсивности и длительности действующего фактора характер адаптационных процессов, степень напряжения регуляторных механизмов, скорость снижения функциональных резервов организма и его устойчивости к действию других стрессовых факторов.

Таблица 3. Количественные критерии и обобщенные показатели, определяющие градации выраженности адаптационных процессов при хроническом действии физических факторов

различной интенсивности, степень напряжения регуляторных механизмов и изменение устойчивости организма.

Градации состояния организма	Степень напряжения регуляторных систем и РМ [5, 6]	Характеристика процесса адаптации	Отклонение показателей от нормы M_{0i} (единицы σ) [39, 47 - 49]	Значение ОЛП	Характеристика устойчивости организма.
1-3	Умеренное	«Норма»: удовлетворительная адаптация	0-0,5	0-0,05	Максимальная
4-5	Выраженное и резковыраженное	Активная адаптация	0,5-1,0	0,05-0,2	Сниженная
6-7	Выраженное и резковыраженное перенапряжение	Неудовлетворительная адаптация	1,0-2,0	0,2-0,5	Значительное снижение устойчивости
8-10	Истощение РМ и компенсаторных резервов	Состояние болезни (срыв адаптации)	Более 2,0	0,5-1,0	Большая вероятность гибели при функциональных нагрузках

Эта система интегральных показателей включает представления, развиваемые физиологами в работах [5, 6], об изменении степени выраженности адаптационных процессов при воздействии факторов внешней среды и последовательном переходе от нормы к ряду донозологических, преморбидных состояний, характеризующихся разной степенью напряжения или перенапряжения регуляторных систем вплоть до срыва адаптации, представления ряда гигиенических школ [39, 47-49], рассматривающих последовательный переход от адаптивного восприятия и физиологической адаптации (при изменении показателей систем от нормы в пределах $\pm 0,5\sigma$) к активной адаптации, сопровождаемой развитием компенсаторных процессов (при отклонении от нормы в пределах $(0,5-1,0) \sigma$), рассматривающих при большей интенсивности и длительности воздействия возможный переход в зону неудовлетворительной адаптации, характеризующейся репаративной регенерацией с сохранением изменений длительное время (отклонения показателей систем от $1,0 \sigma$ до $2,0 \sigma$), или в зону поражения с формированием необратимых повреждений (при величине отклонений более 2σ).

Эта система интегральных показателей, включающая также обобщенный логарифмический показатель, оказалась очень удобной для описания степени напряженности адаптационных процессов, последовательного перехода от нормальной к активной, к неудовлетворительной адаптации и к состояниям близким к срыву адаптации на строго количественной основе [9, 15, 16, 50].

На основе масштаба изменений показателей различных систем относительно нормы с использованием логарифмического показателя оказалось возможным на строго количественной основе определить состояние нормальной адаптации, характеризующейся максимальной устойчивостью организма к возможным острым экстремальным воздействиям,

умеренным напряжением регуляторных механизмов. Это состояние соответствует численными значениями логарифмического показателя вблизи нуля (в пределах 0,01–0,05). Как показал опыт при проведении хронических экспериментов и наличии сертифицированного вивария в условиях отсутствия возмущающих факторов значения ОЛП для контрольных животных всегда находится в этих пределах [15, 16, 50].

Длительное воздействие физических или химических факторов различной интенсивности приводит к усилению вариации значений ОЛП в пределах от 0,05 до 0,2, что свидетельствует о переходе организма к активной адаптации, характеризуемой усилением вариации значений показателей во времени относительно нормы. Это так называемые донозологические состояния, которые требуют при решении вопросов нормирования особого внимания, поскольку уже характеризуются выраженным и резко выраженным напряжением регуляторных механизмов, что уже может приводить к снижению функциональных и психических резервов и устойчивости организма к возможным экстремальным воздействиям [5, 6, 15, 16, 50]. Можно полагать, что при длительном поддержании такого состояния возможно уже существенное снижение общего объема резервов организма. При этом увеличивается риск рассмотренных выше неблагоприятных отдаленных последствий. Еще большее отклонение показателей систем от нормы в пределах (1,0 - 2,0) σ и логарифмического показателя от нуля (в пределах 0,2–0,5) свидетельствует о развитии поражения в исследуемых системах, переходе к стадии неудовлетворительной адаптации и преморбидным состояниям, характеризваемым выраженным и резко выраженным перенапряжением регуляторных систем, большей скоростью исчерпания резервов и значительным снижением устойчивости организма. При отклонении показателей систем выше 2 σ и превышении логарифмического показателя значения 0,5 наблюдается истощение регуляторных механизмов и компенсаторных резервов организма, снижается его устойчивость, возрастает риск срыва адаптации, значительно увеличивается риск неблагоприятных отдаленных последствий [5, 6, 15, 16, 50].

Обобщенный логарифмический показатель вычисляется на основе следующего соотношения:

$$I_{Lg} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_{0i}}{\sigma_{0i}}} \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_{0i}}{\sigma_{0i}} \left| \lg \frac{M_i}{M_{0i}} \right| \right) \quad (1)$$

где

I_{Lg} — обобщенный логарифмический показатель;

n — количество показателей, выбираемых для характеристики состояния какой либо физиологической системы организма;

M_i — среднее арифметическое значение i -го показателя;

M_{0i} — среднее арифметическое значение i -го показателя в норме, полученное на основе большой выборки животных (большого числа контролей);

σ_{0i} — среднее квадратичное отклонение, характерное для генеральной совокупности в предположении нормального закона распределения индивидуальных значений.

Поскольку значимость изменений различных показателей системы имеет неодинаковое значение в отношении прогноза устойчивости системы и организма в целом, более важные в этом отношении показатели имеют большие статистические веса, в качестве которых выступают обратные значения коэффициентов вариации.

Это очень чувствительный обобщенный показатель, учитывающий кратность отклонения физиологических показателей системы от нормы в большую или в меньшую

сторону. Этот показатель успешно использовался нами ранее для описания формирования радиационного поражения в системе кроветворения и степени активации регенераторных процессов в ткани у собак после ряда острых радиационных воздействий [51], а также и в процессе хронического облучения мышей с различной мощностью дозы (использовались данные о содержании различных кроветворных клеток в костном мозгу и периферической крови) [52]. Кроме того, на основе оценки исходного состояния нейроэндокринной регуляции у крыс по содержанию гормонов надпочечников и щитовидной железы с использованием ОЛП удалось отобрать отдельные группы животных более устойчивых и менее устойчивых по отношению к облучению в среднетлетальных дозах [53].

Этот показатель успешно применялся также для характеристики адаптационных процессов и напряжения регуляторных систем по изменению ряда показателей иммунной системы и биохимического статуса организма при хроническом действии электромагнитных полей низких нетепловых интенсивностей [15, 16, 50].

На рис. 1 представлен динамика изменения иммунного статуса крыс на основе обобщенного логарифмического показателя при хроническом облучении в ЭМП для несущей частоты 1780 МГц. [15, 16]. Обобщенный логарифмический показатель, характеризующий иммунный статус крыс был рассчитан по 3-м показателям (комплементарная активность сыворотки крови, образование бляшек аутоиммунного гемолиза, дегрануляция базофилов в сыворотке крови).

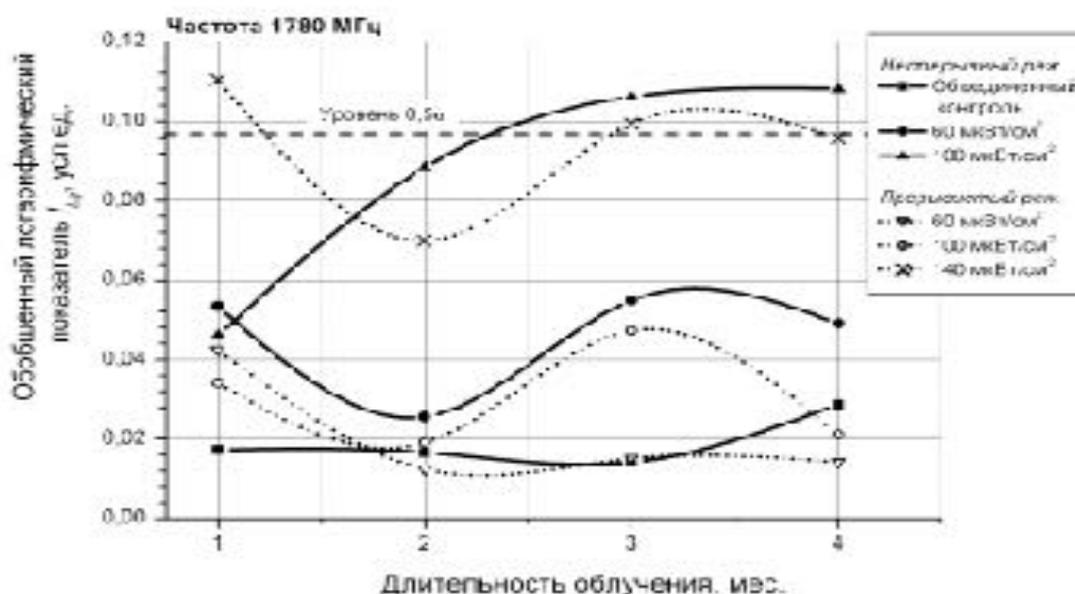


Рис. 1. Динамика изменений иммунологического статуса крыс при их хроническом облучении ЭМП с частотой 1780 МГц в течение 4-х месяцев

Из представленного рисунка видно, что уровень функционирования иммунной системы по изменению ОЛП в контрольных группах ряда проведенных исследований не превышал 0,03 (0,1s). Это свидетельствует о хорошем состоянии животных к моменту начала эксперимента и об отсутствии заболеваний в течение 4 месяцев эксперимента.

Для несущей частоты 1780 МГц хроническое облучение крыс в ЭМП с ППЭ 60 мкВт/см² увеличило несколько размах варьирования значений ОЛП, хотя они оставались ниже 0,05, т.е. находились в пределах удовлетворительной адаптации. При этом прерывистый

характер облучения вызывал чуть меньшее напряжение регуляторных систем, чем непрерывное облучение.

Воздействие ЭМП при непрерывном режиме облучения с ППЭ 100 мкВт/см² и при прерывистом облучении с 140 мкВт/см² вызывало значительное увеличение размаха варьирования значений ОЛП в пределах от 0,06 до 0,11, что соответствует переходу к активной адаптации, характеризуемой выраженным напряжением регуляторных механизмов и подключением компенсаторных резервов организма. Наблюдаются отклонения показателей иммунной системы, превышающие 0,5σ, и значения ОЛП, превышающие 0,1, что может свидетельствовать, как показано в работах [15, 16] о возможном снижении устойчивости организма.

Возможно использовать более упрощенное выражение для ОЛП в случае использования только отдельных показателей системы:

$$I_{lg} = \left| \lg \frac{M_i}{M_{i0}} \right| \quad (2)$$

В данном виде обобщенный логарифмический показатель был применен нами при исследовании характера протекания адаптационных процессов у мышей при комбинированном последовательном хроническом действии химического и радиационного факторов в режимах, моделирующих характер их воздействия на космонавтов при длительных орбитальных полетах космонавтов на станции «Мир» и МКС. Мыши подвергались 30-ти суточному загрязнению воздушной среды в гермокамере рядом наиболее представительных химических соединений: ацетон, этанол, амальдегид в концентрациях близких к ПДК и последующему фракционированном 30-ти суточном гамма-облучению в дозе 1 сГр каждые сутки [54].

Полученные данные по динамике содержания клеток костного мозга и лейкоцитов в периферической крови по отношению к норме при хроническом последовательном действии химического и радиационного факторов, а также в восстановительном периоде представлены на рис.2–А. Характер протекания адаптационных процессов и степень напряженности регуляторных систем для компенсации изменений в системе кроветворения на основе обобщенного логарифмического показателя представлены на рис. 2–Б. На рисунке отдельно показан характер изменения показателей при хроническом действии только химического загрязнения воздушной среды, при раздельном действии радиационного фактора (пунктирные линии), а также при последовательном комбинированном действии обоих факторов (сплошные линии).

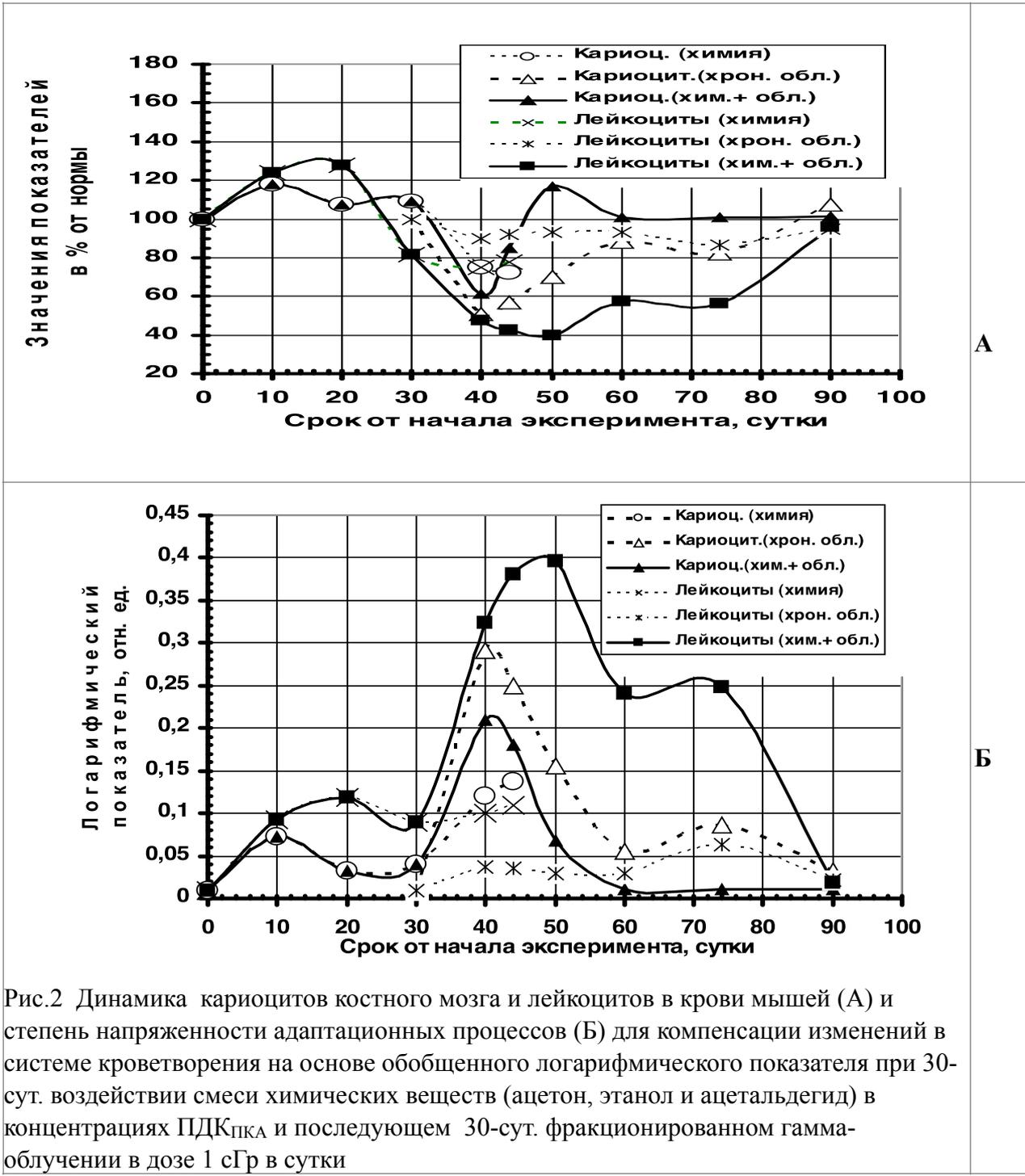


Рис.2 Динамика кариоцитов костного мозга и лейкоцитов в крови мышей (А) и степень напряженности адаптационных процессов (Б) для компенсации изменений в системе кроветворения на основе обобщенного логарифмического показателя при 30-сут. воздействии смеси химических веществ (ацетон, этанол и ацетальдегид) в концентрациях ПДК_{ПКА} и последующем 30-сут. фракционированном гамма-облучении в дозе 1 сГр в сутки

Результаты исследований изолированного действия смеси химических веществ показали (рис. 2-А), что наблюдается фазовое течение компенсаторных реакций гемопоэза. Так к 10 суткам количество кариоцитов костного мозга увеличилось на 18,2 %. В дальнейшем в течение всего периода воздействия химических веществ оно оставалось выше нормы, однако сразу после его окончания отмечено резкое снижение концентрации кариоцитов до уровня 70 % от нормы к 14 суткам восстановительного периода.

Стимуляция гемопоэза сопровождалась лейкоцитозом в периферической крови, характеризуя активацию лейкопоэза в ответ на поступление в организм токсичных веществ, что может быть обусловлено стимуляцией выработки колонийстимулирующего фактора продуктами тканевого распада, однако с 20 суток от начала эксперимента отмечено заметное

снижение числа лейкоцитов, которое продолжалось до 14 суток восстановительного периода. Концентрация лейкоцитов приблизилась к уровню 70 % от нормы, что вполне соответствовало уровню снижения числа кариоцитов в костном мозге.

Более раннее снижение числа лейкоцитов может быть связано с угнетением пролиферации и дифференцировки клеток гранулоцитарного ростка кроветворения, либо с частичной гибелью клеток, как в костном мозге, так и в периферической крови в ответ на повреждающее действие токсичных веществ. Умеренная лейкопения характерна для токсического воздействия химических веществ и чаще всего происходит за счет нейтрофилов. Известно, что хроническое воздействие аммиака в низких концентрациях сначала приводит к стимуляции, а затем к угнетению гемопоэза. Нарушение гемопоэза также может локализоваться на уровне полипотентных клеток, содержание которых в костном мозге и селезенке при токсическом воздействии химических веществ уменьшается [54].

Волнообразный характер изменений указанных показателей относительно нормы в первые 30 суток при действии только химического фактора вызывал существенное увеличение значений логарифмического показателя (Рис. 2-Б) до значений 0,12-0,14, что соответствует переходу от нормальной к активной адаптации, характеризующейся выраженным и резко выраженным напряжением регуляторных систем [5, 6, 15, 16, 50].

При фракционированном воздействии на мышью гамма-облучения в ежедневной дозе 1 сГр эффективная остаточная доза, согласно данным, представленным в работах [10, 12], оценивается равной 7 сГр к 10 суткам радиационного воздействия и 12,5 сГр к 30 суткам. В этих условиях отмечено резкое снижение к 10 суткам числа кариоцитов костного мозга почти на 50 % от нормы с последующим восстановлением до уровня близкого к 90 % от нормы. Тенденция к снижению количества кариоцитов сохранялась до 14 суток восстановительного периода и достигала нормы только к 30 суткам периода последствия (90 сутки от начала эксперимента). Значительное снижение числа кариоцитов после облучения в сравнительно небольших дозах, возможно, объясняется снижением выживаемости радиочувствительной фракции стволовых кроветворных клеток у мышей, что ранее было показано в работах [10, 55]. По-видимому, снижение числа кариоцитов в основном обусловлено уменьшением продукции клеток красного ростка кроветворения, поскольку количество лейкоцитов в периферической крови в процессе гамма-облучения изменялось незначительно (не более чем на 10%). В период действия радиационного фактора значения ОЛП, оцениваемые по количеству кариоцитов (рис. 2-Б), изменяются от 0,05 до 0,3, что соответствует переходу от удовлетворительной к активной адаптации, которая характеризуется выраженным и резко выраженным напряжением регуляторных систем (РС) [5, 6, 15, 16, 50].

В условиях комбинированного действия рассматриваемых факторов и предварительного 30-суточного загрязнения воздушной среды в гермокамере вместо стимуляции костномозгового кроветворения, наблюдавшейся при действии химической заправки, отмечено резкое его угнетение почти в той же степени, как и при изолированном действии радиации. Так, к 10 суткам от начала облучения количество кариоцитов снижалось на 40 %, однако уже к 20 суткам от начала облучения за счет активизации компенсаторных процессов количество кариоцитов превысило значения нормы на 18,5 %, а затем относительно быстро оно вернулось к норме.

Следует, однако, обратить внимание на то, что при предшествующем действии химического фактора имело место серьезное повышение радиочувствительности к последующему радиационному воздействию, что можно легко отметить по динамике лейкоцитов в периферической крови. Так, при фракционированном облучении животных после химической заправки количество лейкоцитов снижается на 60 % от нормы, что имеет место при остром гамма-облучении мышей в дозах 150-200 сГр [10, 55, 56].

Снижение числа лейкоцитов можно было отметить и при действии только химического фактора. С 20 по 30 сутки от начала эксперимента концентрация лейкоцитов снизилась в 1,6 раза. Дальнейшее снижение числа лейкоцитов прекратилось практически сразу после выведения животных из гермокамеры и перевода в нормальные условия обычного вивария. При комбинированном действии факторов фракционированное гамма-облучение, начатое с 30 суток, существенно усилило, начатое еще ранее снижение числа лейкоцитов. По-видимому, комбинированное химическое и последующее радиационное воздействие сопровождается снижением общей устойчивости гранулоцитов и лимфоцитов в периферической крови, что способствует большей скорости их выведения из кровотока. В частности, в работе [10] показано заметное снижение периодов полувыведения гранулоцитов из кровотока при хроническом облучении собак.

На основе данных рис.2-Б можно отметить серьезное увеличение колебаний значений логарифмического показателя, что отражает более выраженное напряжение регуляторных систем, сохраняющееся и в восстановительном периоде (в течение 60-90 суток эксперимента). В условиях комбинированного после химического действия радиационного фактора значения ОЛП, оцениваемые по концентрации кариоцитов, изменяются от 0,05 до 0,2, что соответствует переходу от нормальной к активной адаптации, характеризуемой выраженным и резковыраженным напряжением регуляторных систем (РС). Значения ОЛП, оцениваемые по числу лейкоцитов, изменяются более сильно в диапазоне от 0,2 до 0,4, что соответствует уже неудовлетворительной адаптации, характеризуемой уже резко выраженным перенапряжением РС и снижением общей устойчивости организма к возможным экстремальным воздействиям в период с 30 по 74 сутки.

Человек в современных условиях подвергается комплексному действию целого ряда стрессовых факторов, что обуславливает в процессе адаптации постоянное подключение регуляторных систем организма, вызывает значительное напряжение и даже перенапряжение регуляторных механизмов и приводит к увеличенной скорости снижения суммарного объема компенсаторных резервов и ускорению процессов старения организма. В этих условиях при решении вопросов нормирования воздействия отдельных факторов окружающей среды, определении порогов вредного действия и ПДУ для профессиональных работников и население не следует допускать интенсивности, приводящие к развитию активной адаптации, напряженному характеру регуляторных систем, что может способствовать более быстрой скорости снижения компенсаторных резервов организма и приводить к ускоренному старению.

Цену для здоровья длительного нахождения животных в состоянии активной адаптации можно проследить на примере многолетнего гамма-облучения собак с дозовыми нагрузками, моделирующими возможный уровень эквивалентных доз на космонавтов при полете на Марс [10, 12]. Максимальному радиационному воздействию в среднетканевой эквивалентной дозе 188 сЗв/год подвергались собаки 5-той группы (62 сЗв за счет непрерывного хронического облучения в течение 22 часов в сутки и 3-х острых облучений в год, каждое в среднетканевой дозе 42 сЗв). В указанных работах подробно проанализированы практически все ближайшие и отдаленные неблагоприятные эффекты у собак. Мы рассмотрим лишь материалы по формированию радиационного поражения в системе кроветворения на основе ОЛП по динамике изменения числа лейкоцитов у собак 5-ой группы в «Хроническом эксперименте» при их сочетанном облучении в течение 3-х первых лет эксперимента.

Число лейкоцитов активно изменялось на первые 2-3 острых радиационных воздействия, а в последующем реакция была менее выражена за счет развития компенсаторных процессов и выраженной активации процесса кроветворения. Концентрация

лейкоцитов в периферической крови, несмотря на продолжающееся облучение, стабилизировалась на уровне 70-80 % от исходного. Это происходило за счет увеличивающейся продукции промиелоцитов и миелоцитов в костном мозге собак. Исследование кинетики гемопоэза показало снижение длительности клеточного цикла делящихся клеток в белом ростке в 3 раза, а в красном (проэритробласты и эритробласты) в 1,5 раза. На рис.3 показаны динамика изменения эффективной остаточной дозы $D_{эф}$, сГр при сложном хроническом облучении и ряде последовательных острых радиационных воздействий, моделирующих уровни возможного радиационного воздействия на космонавтов при длительном межпланетном полете, оцененная на основе данных, представленных в работах [10, 12], а также характер развития поражения в системе кроветворения у собак этой группы в течение первых трех лет облучения на основе изменения числа лейкоцитов с использованием обобщенного логарифмического показателя $|\lg N_i/N_{i0}|$.

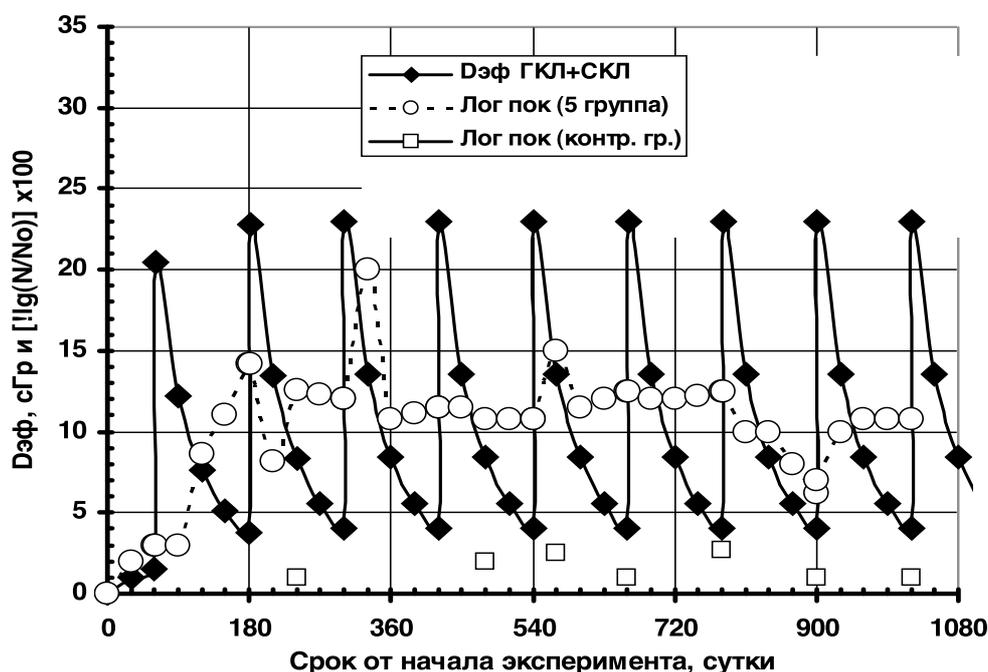


Рис. 3 Динамика изменения эффективной остаточной дозы $D_{эф}$, сГр, а также характер развития поражения и компенсаторного восстановления в системе кроветворения у собак 5 группы в течение первых трех лет облучения на основе изменения числа лейкоцитов с использованием обобщенного логарифмического показателя $|\lg N_i/N_{i0}| \times 100$.

Отчетливо видно, что в контрольной группе изменения обобщенного логарифмического показателя находятся в области удовлетворительной адаптации и не превышают значение 0,05. В облучаемой группе отмечается выраженное напряжение регуляторных механизмов в системе гемопоэза, о чем свидетельствуют волны развития поражения и его снижения во время фазы компенсации и временного усиления скорости размножения клеток (снижения длительности клеточного цикла делящихся клеток костного мозга в эти периоды). Значения ОЛП не превышали уровня 0,2. Эти изменения соответствуют уровню активной адаптации.

Активацию в первые два года и напряженный характер работы наблюдали также в системе нейроэндокринной регуляции у животных, которые сменялись в последующие годы снижением эндокринного статуса и истощением секреции гипофиза, щитовидной железы и надпочечников. Эти изменения наряду с сосудистыми изменениями в большинстве органов у

собак приводили к значительному ухудшению их здоровья и к значительному почти наполовину сокращению продолжительности их жизни [10, 12].

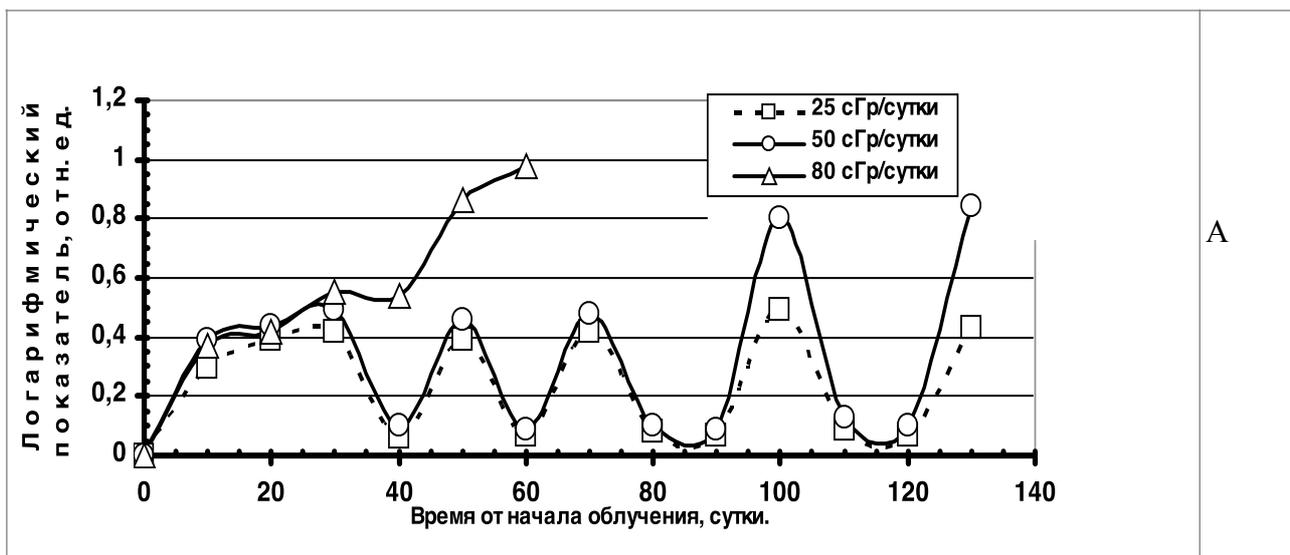
Следует отметить, что при возрастании интенсивности действия радиационных, химических а также других стрессорных факторов заметно увеличивается напряжение и даже перенапряжение регуляторных систем, которые при длительном характере воздействия приведут к более ускоренному снижению суммарного объема резервов функциональных систем и устойчивости организма, увеличению частоты наблюдаемой неблагоприятной отдаленной патологии, свидетельствующей об ускоренном старении, Это неизбежно вызовет реальное сокращение предстоящей продолжительности жизни.

В качестве примера на рис 4-А представлен характер формирования радиационного поражения и степень напряжения компенсаторных процессов в системе кроветворения у мышей на основе изменения значений ОЛП при их непрерывном хроническом гамма-облучении с относительно высокими значениями мощностей доз 25, 50 и 80 сГр/сут, а на рис. 4-Б данные по снижению устойчивости организма мышей и их выживаемости [52].

Данные, представленные на рисунке, свидетельствуют о существенно более высоком размахе варьирования значений ОЛП, зависящем от мощности дозы радиационного воздействия, более напряженном характере развития компенсаторных процессов в системе кроветворения, соответствующим уровню неудовлетворительной адаптации и даже срыву адаптации (см. табл. 4). При данных режимах радиационного воздействия имеет место значительное снижение устойчивости организма к воздействию других стрессорных факторов. Превышение значения ОЛП уровня 0,5 приводит к увеличению вероятности срыва адаптации и к заметному увеличению вероятности гибели животных, о чем свидетельствует снижение их выживаемости (рис. 4-Б).

Таким образом, представленные в работе материалы по формированию радиационного поражения при воздействии ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей свидетельствовали о переходе организма к активной адаптации, характеризующейся напряжением и резко выраженным напряжением регуляторных систем, более высокой скоростью снижения резервов физиологических систем и суммарного объема компенсаторных резервов организма.

Проведенный анализ отдаленных последствий воздействия на профессиональных работников по данным длительных эпидемиологических обследований, проведенный в работах [7, 11, 15, 16, 18, 37–39, 57], показал, что даже в случае соблюдения существующих нормативных уровней в условиях длительного многолетнего воздействия ЭМП СВЧ на



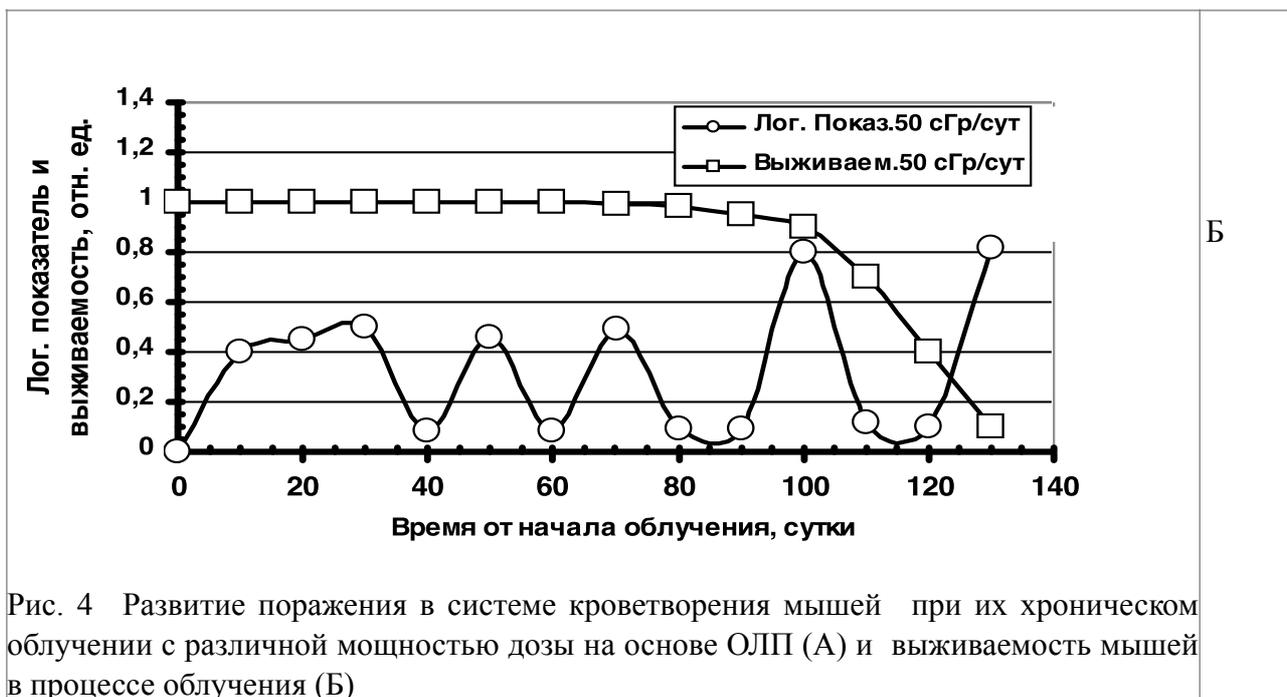


Рис. 4 Развитие поражения в системе кроветворения мышей при их хроническом облучении с различной мощностью дозы на основе ОЛП (А) и выживаемость мышей в процессе облучения (Б)

человека имеются факты, подтверждающие более ускоренный процесс старения, снижения резервов организма и повышение частоты заболеваний центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Эти факты, а также наличие комплекса ряда других вредных экологических факторов, всё охватывающее распространение беспроводной мобильной связи явились основой предложения о необходимости снижения существующих в настоящее время допустимых уровней воздействия ЭМП СВЧ на профессиональных работников в 2 раза, а для населения в 5 раз [7, 15, 16].

Литература

1. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме, М: Медгиг, 1960
2. Селье Г. На уровне целого организма. М.: Наука. 1972. 122 с.
3. Селье Г. Стресс без дистресса. М., Прогресс, 1979. 125 с.
4. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Северо-Кавказский научный центр высшей школы. Из-во Ростовского университета. 1977. 120 с.
5. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. «Медицина», М. 1997. 236 с.
6. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине. М. ГНЦ РФ – ИМБП РАН. 2001. 96 с.
7. Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л. К совершенствованию методологии нормирования электромагнитных полей радиочастот. Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. М.: 2004, С.108-150
8. Либерман А.Н. Социально-психологические последствия Чернобыльской аварии. Санкт-Петербург, 2002, 160 с.
9. Ушаков И.Б., Штемберг А.С., Шафиркин А.В. Реактивность и резистентность организма млекопитающих. М.: Наука, 2007, 493 с.

10. *Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г.* Межпланетные и орбитальные полеты. Радиационный риск для космонавтов (Радиобиологическое обоснование. М.: Экономика, 2009, 639 с.
11. *Шафиркин А.В., Штемберг А.С., Эсауленко И.Э., Попов В.И.* Экология, социальный стресс, здоровье населения и демографические проблемы России. Воронеж, «Научная книга», 2009, 435 с.
12. *Григорьев Ю.Г., Попов В.И., Шафиркин А.В., Антипенко Ж.Б.* Соматические эффекты хронического гамма - облучения. М.: Энергоатомиздат, 1986, 196 с.
13. *Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Никитина В.Н., Васин А.Л.* . Отдаленные эффекты хронического воздействия ионизирующего излучения и электромагнитных полей применительно к гигиеническому нормированию. //Радиобиология,2003, Т.43, №5, С.
14. *Шафиркин А.В.* Компенсаторные резервы организма и здоровье населения в условиях хронических антропогенных воздействий и длительного психоэмоционального стресса // Физиология человека. 2003. Т. 29. N 6. С. 12-22
15. *Шафиркин А.В., Васин А.Л.* Резервы организма, ускоренное старение и сокращение продолжительности жизни человека в условиях длительного действия ЭМП РЧ нетепловых интенсивностей, а также ряда других стрессорных факторов. В кн.: Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений 2007 г. М.: Из-во АЛЛАНА, 2007 С. 40-59
16. *Васин А.Л.* Разработка системы обобщенных показателей для характеристики адаптационных процессов в организме при хроническом воздействии электромагнитных полей радиочастот. Автореферат дисс. канд. биол. наук Москва. МГУ.2008
17. *Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., Григорьев О.А., Меркулов А.В.* Электромагнитная безопасность человека. М. РНКЗНИ. 1999. 145 с.
18. *Шафиркин А.В., Штемберг А.С., Григорьев Ю.Г., Васин А.Л.* Оценка опасности микроволнового излучения, включая воздействие сотовых телефонов различной мощности, на центральную нервную систему и здоровье различных групп населения. Материалы конференции работ по программе Президиума РАН «Фундаментальные науки - медицине» Москва 27-29ноября 2006 г. С. 160-162
19. *Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Иванов А.А. и др.* Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010, Т. 50. №1. С.5-11
20. *Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л.* Биоэффекты хронического воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона малых интенсивностей (стратегия нормирования) //Радиационная биология, экология,2003, Т.43, N5, С.501-511.
21. *Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л.* Биоэффекты микроволнового излучения с низкими нетепловыми интенсивностями (к обоснованию предельно-допустимых уровней) // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2005. Т.39. № 4, С. 3-18
22. *Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л.* Нормирование радиочастотного электромагнитного поля (РЧ ЭМП) для населения России. Ретроспективное исследование и современная точка зрения В сб: «Электромагнитные поля и здоровье населения» М.: Из-во Российского Университета дружбы народов,2002, Глава 6, С.98-123
23. *Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д.* Изменение антигенных свойств тканей и аутоаллергические процессы при воздействии СВЧ-энергии. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1974. № 8. С. 76-79
24. *Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д.* О сенсibiliзирующем действии электромагнитных полей сверхвысокой частоты.// Гигиена и санитария. 1975. № 9. С. 31-35

25. *Виноградов Г.И., Науменко Г.М.* Экспериментальное моделирование аутоиммунных реакций при воздействии неионизирующей микроволновой радиации. // Радиобиология. 1986. т. XXVI. в. 5. С. 705-708
26. *Никитина Н.Г., Думанский Ю.Д., Томашевская Л.А.* Изучение биологического действия неионизирующей микроволновой радиации // Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды. – Мат. 5-го сов.-амер. раб. сов. – Киев. 1987. С. 24-28.
27. *Солдатченков В.Н., Думанский Ю.Д., Томашевская Л.А. и др.* Результаты изучения биологического действия импульсного ЭМП 850 МГц // В кн.: Матер. 4 сов.-амер. рабоч. совещ. «Воздействие ЭМП на нервную систему», Киев. «Здоров'я». 1984. Т.2. С. 75-82.
28. *Солдатченков В.Н., Думанский Ю.Д., Томашевская Л.А. и др.* Результаты изучения биологического действия импульсно-прерывистого ЭМП 857 МГц // В кн.: Матер. 5 сов.-амер. рабоч. совещ. «Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды», Киев, «Здоров'я». 1987. С. 41-64.
29. *Шандала М.Г., Виноградов Г.И., Руднев М.И., и др.* Неионизирующая микроволновая радиация как индуктор аутоаллергических процессов. // Гигиена и санитария. 1985. № 8. С. 32-35
30. *Шандала М.Г., Думанский Ю.Д., Томашевская Л.А., Солдатченков В.Н.* Гигиеническое нормирование импульсно-прерывистой электромагнитной энергии сверхвысокой (2750 МГц) частоты в окружающей среде // Гигиена и санитария. 1985. № 4. С. 26-29
31. Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах (ООКОКП-2004). Методические указания МУ 2.6.1.44-03 - 2004, М.: ФУ «Медбиоэкстрем», 2004, 42 С.
32. *Сапов И.А., Солодков А.С.* Состояние функций организма и работоспособность моряков. Л.: Медицина. 1980. 191 с.
33. *Ушаков И.Б., Арлащенко Н.И., Должанов А.Я., Попов В.И.* Чернобыль: радиационная психофизиология и экология человека. М.: ГНИИИ авиационной и космической медицины. 1997. 247 с.
34. *Мясников В.И., Степанова С.И., Сальницкий В.П., Козеренко О.П., Нечаев А.П.* Проблема психической астенизации в длительном космическом полете. М.: «Слово». 2000. 224 с.
35. *Ушаков И.Б.* Экология человека опасных профессий. М.-Воронеж: Воронежский государственный университет. 2000. 128 с.
36. *Садчикова М.Н., Глотова Х.В.* // Клиника, патогенез и исходы радиоволновой болезни. / Труды лаб. электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР. 1973. Вып. 4. С. 43-48.
37. *Шустов В.Я., Недогреев А.В., Ильина В.А.* // Профилактика нарушений здоровья при работе с СВЧ-генераторами. / В кн: Применение СВЧ-энергии в энергосберегающих технических процессах. Саратов. 1986. С. 58-69.
38. *Никитина В.Н.* // Клиническая геронтология. 1997. № 3. С. 14-17.
39. *Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б., Походзей Л.В., Тихонова Г.И.* Гигиеническая регламентация электромагнитных полей как мера обеспечения сохранения здоровья работающих. Медицина труда и промышленная экология. 2003. № 5. С. 13-17.
40. *Иванов А.А., Григорьев Ю.Г., Мальцев В.Н. и др.* Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента). Сообщение 3. Влияние ЭМП РЧ нетепловой интенсивности на уровень комплементфиксирующих противотканевых антител // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. №1. С. 17-21

41. Григорьев Ю.Г., Михайлов В.Ф., Иванов А.А. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента). Сообщение 4. Проявление оксидативных внутриклеточных стресс-реакций после хронического воздействия ЭМП РЧ низкой интенсивности на крыс // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. №1. С.22-27
42. Grigoriev Y., Grigoriev O, Ivanov A, . et al. A confirmation studies of soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. // Bioelectromagnetics.2010, Vol. 31, N8, p. 589-602.
43. Закс Л. Статистическое оценивание. Пер. с немецкого В.Н. Варыгина М.: Статистика. 1976. 598 с.
44. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с английского доктора физ.-мат. наук Ю.А. Данилова М.: Практика.1999. 520 с
45. Урбах В.Ю. Биометрические методы М.: Наука. 1964. 415 с.
46. Poullietier F., de Gannes M., Taxile,a S. et. Al. A Confirmation Study of Russian and Ukrainian Data on Effects of 2450 MHz Microwave Exposure on Immunological Processes and Teratology in Rats . // Radiation Research, 2009, Vol.72, p. 617–624 .
47. Измеров Н.Ф., Саноцкий И.В. О некоторых методологических основах гигиенического нормирования физических и химических факторов производственной среды. // Сб.: Методологические вопросы гигиенического нормирования производственных факторов. М.: НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, 1976. — С. 5–17.
48. Савин Б.М. Проблема гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона на современном этапе. // Сб.: Методологические вопросы гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона / Под общ. ред. Б.М. Савина. — М.: НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, 1979. — С. 12–42.
49. Шандала М.Г. Научные основы гигиенической оценки и регламентации физических факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. — 1989. № 10. — С. 4–8.
50. Васин А.Л., Шафиркин А. В. Количественные критерии перехода от нормы к патологии при хроническом действии физических факторов.//Радиационная биология. Радиоэкология, 2006, Т.46, №4, С.498-507
51. Григорьев Ю.Г., Каландарова М.П., Попов В.И., и др.Закономерности развития поражения и восстановления в гемопоэтической системе собак при повторных воздействиях радиации. В сб. :Теоретические предпосылки и модели процессов радиационного поражения систем организма, Пущино, ОНТИ НЦБИ, 1975, С.75-85
52. Шафиркин А.В., Носовский А.М. Прогноз устойчивости организма при хроническом облучении с различной мощностью дозы с использованием обобщенного логарифмического показателя // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2001, Т. 35, N 3, С. 32-35
53. Шафиркин А.В., Короткевич А.О., Штемберг А.С. Оценка индивидуальной радиоустойчивости животных на основе некоторых показателей исходного состояния регуляторных систем организма. Известия РАН. Серия биологическая, 2000, N 6, С.728-733
54. Баранцева М.Ю. Сочетанное воздействие химического и радиационного факторов низкой интенсивности на цитогенетические и биохимические реакции организма экспериментальных животных. Автореф. дисс. канд. мед. наук М. ГНЦ РФ-ИМБП РАН,2007, 25с.
55. Швец В.Н., Шафиркин А.В. Радиочувствительность стволовых кроветворных клеток при их клонировании в костном мозге и селезенке. //Радиобиология, 1979, т.19, N1, С.48-53
56. Ульянова В.А., Шафиркин А.В., Фарбер Ю.В., Маркелов Б.А. Некоторые закономерности формирования радиационного поражения и развития восстановительных

процессов в кроветворной ткани мышей после повторных воздействий быстрых нейтронов и гамма-излучений. //Радиобиология, 1987, т.27, N4, С.510-515

57. *Nikitina V.N.* Hygienic, clinical and epidemiological analysis of disturbances induced by Radio frequency EMF exposure in human body // Proceedings from the international workshop: Clinical and physiological investigations of people highly exposed to Electromagnetic fields. St. Petersburg. Russia, Oktober 16–17, 2000.

**A NEW APPROACHES TO STANDARDIZATION FOR LONGTERM EXPOSURE OF
NONTHERMAL SUPERHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AND
OTHER PHYSICAL AND CHIMICAL FACTORS WITH USE OF QUANTITATY
INDICATORS FOR THE DESCRIPTION OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS STATE,
COMPENSATORY RESERVES AND STABILITY OF THE ORGANISM**

A.V. Shafirkin¹, Yu.G. Grigoriev², A.L. Vasin³, S.V. Tatarkin¹

¹ State Research Center of Russian Federation – Institute of Medical and Biological Problems RAS

² Federal Medical Biophysical Center by A.I. Burnazjana FMBA Russia

³ Research Klinical Center OAS Russian railway

In this work a retrospective analysis and juxtaposition results of experimental research on the direct and adverse delayed effects chronic exposure of ionizing radiation (IR) and non-thermal electromagnetic fields (EMF) of superhigh frequency (SHF) was leaded. A variety and rate development of non-cancer diseases occurred in humans as a result of chronic exposure to IR or to electromagnetic radiation (EMR) low intensities have been compared also.

In G. Selie concept concerning the development of non-specific physiological reaction of the organism to chronic stress the effects of combined chronic action chemical pollutions and IR were considered.

A new approaches to standardization a chronical non-thermal action of SHF EMF, other physical and chemical factors are offer. They based on applying into practice of quantitative indicators including a generalized logarithmic index for description of the functional systems conditions, compensatory reserves and stability of an organism.

АНАЛИЗ ОПЫТА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – ОТ САНИТАРНОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ К ФОРМИРОВАНИЮ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭМП

Григорьев О.А.¹, Марченко С.В.²

¹Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России;

²Федеральное медико-биологическое агентство

Еще в 1975 году советскими учеными был высказан прогноз - "не исключена возможность, что нашим потомкам придется бороться не за чистоту воздуха, а за чистоту "эфира" [1]. Массовое внедрение подвижной сотовой связи, а также новых видов техники, в первую очередь бытовой, кардинально изменило электромагнитную обстановку за прошедшие годы. Сотовый телефон создал принципиально новые условия облучения - неконтролируемое по дозе воздействие на головной мозг электромагнитным полем ближней зоны излучения антенны, при этом воздействию подвергаются все категории населения, включая особо чувствительные как в прямом, так и в социальном значении: дети, беременные, больные, работающие в условиях воздействия других неблагоприятных факторов, в том числе на вредных и опасных производствах. Базовые станции сотовой связи радикально изменили общий электромагнитный фон, создав относительно равномерное поле излучения на основной территории нахождения населения и резкие градиенты ЭМП на примыкающих к ним территориях.

Фундаментальные принципы действующей системы санитарно-эпидемиологического нормирования электромагнитного поля для населения в нашей стране предполагают разработку нормативов до внедрения в эксплуатацию новых источников ЭМП, формирующих электромагнитную обстановку как на селитебных территориях, так и в помещениях жилых и общественных зданий. Как известно, они были в основном сформулированы 25-30 лет назад в иных социальных условиях и на другом уровне развития техники, когда было невозможно даже предсказать распространение массовое распространение подвижной радиосвязи.

Поэтому сегодня для неспециалиста, к которым относится подавляющее число людей, контактирующих с источниками ЭМП, вопрос защищенности от вредного действия ЭМП выглядит достаточно расплывчатым. С одной стороны, ясно, что "старые" санитарные нормы не соответствуют современным условиям, с другой стороны фактически ведется соревнование между различными группами ученых: примерно половина исследователей считает, что есть потенциал для неблагоприятных эффектов, а другая половина утверждает, что нет эффекта, но надо искать, вдруг он есть. Примечательно, что это соревнование происходит не столько на научных конференциях, сколько в средствах массовой информации.

Не вносит особой ясности в вопрос безопасности подвижной сотовой связи и Всемирная организация здравоохранения. С одной стороны она официально признала неполноту научных данных и провозгласила необходимость предупредительного принципа в обеспечении безопасности 6 миллиардов жителей Земли, а с другой стороны не предпринимает решительных мер на консолидацию исследований с целью внести ясность в вопрос безопасности. Решение Международного агентства по раку ВОЗ, принятое в мае 2001 года, отнесло ЭМП "мобильников" к классу канцерогенов 2В [2]. И это только подогрело остроту вопроса для населения - не каждый в состоянии понять, что класс 2В означает

возможный канцероген, при этом принятое решение основано на строго научных данных эпидемиологии и привело к коррекции программ исследования с целью поиска биологического механизма. А с другой стороны, в классе 2В находится, например, кофе и уже 7 лет в этом же классе магнитное поле промышленной частоты интенсивностью 0,3 мкТл, что в 15 раз ниже, чем действующий в нашей стране ПДУ для населения.

Тем не менее, проблеме коммуникации между населением, специалистами и властями Всемирная организация здравоохранения уделяет особое внимание. В рамках Международного проекта по ЭМП выпущено специальное руководство по построению диалога о риске при контакте с источником ЭМП, в подготовке русской редакции этого издания мы принимали посильное участие [3]. ВОЗ в своем издании проводит определенную мысль - необходимо ясное понимание, что в современных условиях последствия контакта с источниками ЭМП необходимо оценивать с позиции с возможного риска. Это вынужденная мера, поскольку ЭМП является биотропным фактором и избежать биологической реакции при облучении невозможно. Вероятность перехода биологической реакции в заболевание оценивается степенью риска, которая, по мнению экспертов ВОЗ, должна адекватно оцениваться населением, а роль специалистов участвовать в формировании адекватного восприятия этого риска. На наш взгляд, этот подход в полной мере отражает коммуникативные задачи, хотя и несколько противоречит формальной базовой парадигме нормирования ЭМП в нашей стране, доставшейся в наследство от государства с другой социальной формацией - приоритет медицинских данных и максимальное полное предотвращение колебаний гомеостаза, вызванных воздействием фактора. Существенный недостаток рекомендаций ВОЗ в целом заключается в том, что ВОЗ не дает однозначной научной оценки риска многих факторов - магнитного поля промышленной частоты, систем широкополосной передачи данных, абонентских терминалов подвижной связи, диагностического оборудования, то есть как раз тех источников, с которыми контактирует большинство и которые наиболее часто вызывают вопросы у населения.

В 2009 году на заседании Международного научно-консультативного комитета международной программы ВОЗ по электромагнитному полю вопрос реализации социальной и информационной политики в области охраны здоровья и окружающей среды в условиях распространения антропогенных ЭМП был впервые официально внесен в повестку дня и рекомендован для разработки на национальных уровнях.

За рубежом нишу распространения знаний в области электромагнитной безопасности отчасти занимают специальные "научные" информационные агентства, однако они в меньшей степени ставят задачу информирования населения, а больше работают на промышленность, политиков и, в некоторой мере, на ученых. Задачу просвещения и формирования культуры использования источников ЭМП чаще решают общественные или государственные структуры.

Чувство неопределенности в вопросе безопасности источников ЭМП привело к феномену наших дней - созданию и включению в процесс разработки критериев безопасности общественных инициативных групп населения, они стали "третьей силой" наряду с учеными и представителями промышленности во Франции, Великобритании, Швейцарии, Австрии, Скандинавских странах, США и др. Создаются неправительственные фонды для финансирования альтернативных исследований, за счет привлеченных общественностью средств выпускаются солидные по объему исследования как трехтомное издание BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF).

К концу первого десятилетия 21 века развитие и технические возможности подвижной связи перешагнули потребности людей делать простые телефонные звонки –

промышленность и политики планируют массовое развитие подвижного широкополосного доступа. По мнению Международного телекоммуникационного союза, "широкополосная связь представляет собой следующий переломный момент, следующую технологию действительно преобразующего характера. Она может создавать рабочие места, служить движущей силой развития и повышения производительности, а также лежать в основе экономической конкурентоспособности в долгосрочной перспективе" [4]. "В дебатах по вопросу о применении информационно-компьютерных технологий в целях развития наблюдается вполне очевидный сдвиг: основной акцент уже делается не на "чудо" подвижной сотовой связи, а на потребности в широкополосном доступе к интернету. Честолюбивые политики стремятся к формированию надлежащей нормативно-правовой базы, призывая одновременно инвесторов, сетевых операторов и производителей различных устройств извлечь уроки из истории успеха подвижной связи и воспользоваться этим опытом" [5].

Эти тезисы международного координатора в области развития связи подчеркивают серьезность перспектив многолетнего использования подвижной радиосвязи и показывают устойчивость тренда на дальнейшее усложнение электромагнитной обстановки в окружающей среде, очевидно мы стоим на пороге следующего этапа усложнения электромагнитной обстановки. Следует ожидать, что для большинства населения ее будут определять абонентские терминалы подвижной радиосвязи (сотовые телефоны, смартфоны, компьютеры, планшетники и прочие), система передачи и распределения электроэнергии тока промышленной частоты с добавлением высших гармоник, суперпозиция маломощных "точечных" источников ЭМП радиочастотного диапазона - базовые станции разнообразных стандартов, обеспечивающих беспроводной широкополосный доступ (шумоподобный маломощный сигнал).

По нашему мнению, сегодня гигиену и радиобиологию неионизирующих излучений в определенном смысле необходимо рассматривать не только как научную дисциплину, а как социальный институт, имеющий социальные обязанности перед обществом что вызвано следующим:

- непрерывно меняющаяся электромагнитная обстановка требует совершенствования санитарно-эпидемиологических норм и стандартов безопасности, это занимает время, а людям, тем временем, уже надо жить и буквально ежедневно держать в руках эти источники ЭМП - возникает закономерный вопрос, как обезопасить себя в условиях неопределенности научных знаний и размытости критериев безопасности;
- разнообразные информационные потоки, основанные с одной стороны на неясности критериев, а с другой - на неподготовленности населения, с одной стороны способствуют возникновению фобий, а с другой стороны могут развивать ложное чувство безопасности, пренебрежения элементарными правилами обращения с излучающими устройствами [6];
- число людей, вовлеченных в контакт с источниками ЭМП, в нашей стране практически сравнялось с количеством населения - в первую очередь за счет беспроводных коммуникаций;
- изменившаяся структура источников ЭМП не позволяет контролировать их тотально, как это задумывалось в период формирования современной системы санитарного надзора, и за счет этого обеспечивать сохранение здоровья населения - фактически роль поддержания безопасных условий контакта с источником ЭМП переходит к населению.

Таким образом, крайне актуальной и своевременной является задача не просто информационного обеспечения и просвещения населения в области гигиены

неионизирующих излучений, а формирования культуры безопасной жизни в условиях повседневного использования источников ЭМП. И аудиторией, с которой необходимо работать, является не локальная профессиональная или стратифицированная группа, а все население страны.

По нашему мнению, основной объем необходимых публикаций в области электромагнитной безопасности по форме нельзя отнести к научно-популярному жанру, это скорее начальный уровень донесения информации, максимально упрощенной и конкретизированной, направленной на выработку конкретных навыков поведения, формирующих культуру безопасного использования источников ЭМП. Научно-популярные издания - это следующий, более продвинутый этап развития структуры системы информирования, вовлекающий значительно меньшее количество заинтересованных людей, однако более мотивированных на получение информации и ее активное использование.

В качестве примера приведем разработанные нами простые рекомендации пользователям сотовыми телефонами, которые информируют пользователя и дают возможность при их использовании минимизировать возможный риск возникновения неблагоприятных последствий:

- сотовый телефон является источником ЭМП, которое относится к факторам, вредным для здоровья;
- если при разговоре пользователь держит телефон возле уха, то часть излучаемой электромагнитной энергии поглощается головой пользователя, что приводит к увеличению риска нанесения вреда здоровью при продолжительном использовании сотового телефона;
- необходимо минимизировать ежедневное использование сотового телефона, недопустимо использование сотового телефона в режиме разговора более часа за сутки;
- при использовании сотового телефона в режиме разговора необходимо использовать наушники для того, чтобы убрать излучающий телефон от головы;
- дети и подростки до 18 лет не должны использовать сотовый телефон без наушников; беременные женщины должны во всех случаях размещать сотовый телефон на расстоянии не менее 0,75 метра от тела.

Разработка таких рекомендаций является более чем актуальной, поскольку по данным опроса ВЦИОМ, проведенного в мае 2010 года в 42 субъектах Российской Федерации, суммарная доля тех, кто согласен с тем, что сотовый телефон может негативно влиять на здоровье, составляет 73% [7]. Из числа опрошенных 59% считают, что негативное влияние оказывает длительное нахождение сотового телефона вблизи жизненно важных органов. При этом основной источник информации об исследованиях в области безопасности электромагнитного поля - телевидение (80% опрошенных). Значительно меньше получают информацию из печатных СМИ (32% - газеты, журналы), и только 22% получила информацию через интернет.

Следовательно в условиях отсутствия какой-либо целевой программы по информированию населения, именно непосредственная работа со средствами массовой информации позволяет использовать наиболее прямой путь донесения для распространения объективных данных. При этом технология взаимодействия, по нашему опыту, строится вокруг двух подходов: реакция на информационные поводы и ответ на обращения СМИ.

Информационные поводы дают возможность провести пресс-конференции, позволяющие одномоментно представить точку зрения, а с другой стороны проиндексировать "пульс" интереса СМИ к событию. Так в 2011 году в нашем активе было 2 наиболее значительных события, которые позволили считать их достаточными для проведения пресс-

конференции: решение Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений "ЭМП мобильных телефонов и здоровье детей" и решение Международного агентства по раку ВОЗ об отнесении ЭМП "мобильников" к классу канцерогенов 2В [2,8]. Пресс-конференции привлекают внимание информагентств, телевидения и пишущих журналистов. На каждую из названных пресс-конференций аккредитовалось 12 - 15 средств массовой информации, однако число последующих публикаций каждый раз превосходило число аккредитованных изданий – преимущественно за счет перепечатки в Интернете сообщений информагентств, что лишним раз подчеркивает интерес к вопросу безопасности источников ЭМП.

Наш многолетний опыт показал, что к вопросу влияния электромагнитных излучений на здоровье человека проявляют интерес все средства массовой информации. В пресс-службу Федерального медико-биологического агентства регулярно поступают запросы по этой тематике как от телевизионных каналов, радиостанций, так и от печатных и Интернет-изданий. Говоря о статистике, собранной в ФМБА России, следует отметить рост обращений за интервью/комментариями по вопросам влияния электромагнитных полей: в 2010 году в пресс-службу было 32 официальных запроса, а в 2011 году этот показатель достигнут за три квартала. Необходимо отметить, что частота обращений журналистов носит несколько волнообразный характер, так как информационным поводом нередко служит публикация статей или пресс-релизов на данную тематику.

По анализу данных запросов на проведение интервью за 2010-11 годы, наиболее часто встречаются следующие вопросы: дать характеристику условий контакта с источниками ЭМП в быту, рекомендации как обеспечить защиту здоровья, какие конкретно неблагоприятные последствия для здоровья могут быть и в каких условиях. Достаточно часто возникает вопрос об индивидуальной чувствительности к ЭМП, а также о применении "нетрадиционных" средств защиты от ЭМП. Конкретные источники ЭМП, вызывающих интерес журналистов на стадии формирования запроса на проведение интервью, ранжируются следующим образом: мобильные телефоны и сети WiFi, микроволновые печи, линии электропередачи. Большая группа вопросов охватывает аспекты здоровья детей, причем большое внимание уделяется стадии внутриутробного развития. Отдельный класс обращений - дать экспертный комментарий по конкретному случаю, как правило конфликтному, по которому гражданин обратился до этого в редакцию. В этом случае чаще всего поводом становятся базовые станции сотовой связи, РЛС, воздушные линии электропередачи, а также "неизвестные источники". Существенно меньше ставится вопросов об источниках ЭМП в производственных условиях, в том числе относительно систем подвижной радиосвязи, очень широко применяющихся в современной промышленности. С внедрением жидкокристаллических мониторов практически исчезли вопросы о влиянии ЭМП персональных компьютеров.

Безусловно, в числе тем лидирует "влияние мобильных телефонов на здоровье человека" - порядка 70% всех запросов.

В качестве тенденции мотивации обращения за комментарием мы хотим обратить внимание на запросы, которые являются реакцией на публикацию по "электромагнитной" тематике в СМИ за рубежом. При этом зарубежная публикация зачастую строится на основе пресс-релиза по итогам исследования, целенаправленно выпускаемого пресс-службой исследовательского центра, которая формирует информационное событие, канализированное через соответствующие разделы зарубежных информационных агентств по рубрикам "здоровье", "наука" или "общество". В качестве примера появления такого отклика в отечественном СМИ можем привести публикацию летом 2011 года статьи в журнале "Итоги", посвященной возможности влияния магнитного поля на процесс тромбообразования [9], где

один из авторов настоящей работы дает свой научный комментарий к разработке американских исследователей. К сожалению, в нашей стране пока не принята такая технологическая структура информационного обеспечения науки, которая могла бы играть важную роль социальной связи ученых и общества. Обычный в других отраслях экономики термин "медиа-планирование" пока не введен в практику у российских исследователей, что вполне характеризует технологическое отставание науки именно как отрасли современной экономики.

Таким образом, очевидно что сегодня исследования в области биоэффектов электромагнитного поля не должны заканчиваться сдачей отчетов по научно-исследовательской работе или пленарным докладом на академической конференции, а информационная работа фактически является продолжением научной, поскольку если не донести результаты исследований до пользователей, завтра исследования никому не понадобятся. И наоборот - распространение информации о результатах исследований по актуальной для общества тематике может и должно способствовать расширению финансирования. В этой ситуации возможно расширение прежних функций службы по связям с общественностью, которые могут активно и профессионально включиться в системное информирование населения по вопросам безопасности и внести вклад в формирование новой культуры безопасной жизни в окружении современной технической среды.

Исторический опыт развития цивилизации дает примеры, когда опасения за безопасность на ранней стадии были определенно оправданы, но человек не отказался от этих изобретений. Люди опасались задохнуться при езде на скорости 100 км в час в автомобиле, но уже через век задыхались в мегаполисах от выхлопных газов миллионов машин. Тысячами жизней заплатили за формирование правил безопасности в авиации, на железной дороге, в море, но не отказались от технических достижений, перевернувших характер производства и общественных отношений. По видимому, аналогичная судьба ожидает и современные беспроводные средства связи. Учитывая, что сопровождающее их электромагнитное поле безусловно относится к вредным факторам воздействия, без формирования навыков и культуры безопасного использования беспроводных устройств общество не сможет обойтись. И чем раньше мы начнем такую работу, тем меньшие потери людей и средств будут на счету этого витка технологического развития цивилизации.

Литература

1. Думанская С.И., Сердюк А.М. Пути формирования городской среды в условиях возрастающей интенсивности электромагнитного поля - в сб Гигиена населенных мест, вып. 14, Киев, Здоровья, 1975 с. 85 - 89.
2. The WHO/International Agency for Research on Cancer Press Release N° 208; 31 May 2011. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans.
3. Построение диалога о рисках от электромагнитных полей. Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария, 2004. С.66
4. Пресс-релиз Международного союза электросвязи, Женева, 19 октября 2010 года, www.itu.int/newsroom
5. Доклад "Измерение информационного общества" (издание за 2011 год), Международный союз электросвязи, Geneva, Switzerland
6. Григорьев О.А., Васильев О.А., Бичелдей Е.П. Концепция информационного обеспечения безопасности индивидуального пользователя сотового телефона на основе реализации принципа предупредительной политики в здравоохранении. Материалы 3-й

- междунар. конф. "Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования", 17-24 сент. 2002 г., Москва - С.-Петербург. - М., 2002. - С.24-25.
7. Исследование мнения населения об электромагнитном излучении и стандартах сотовой связи. Отчет по данным Всероссийского опроса ВЦИОМ (Омнибус). Москва, 2010 г.
8. Электромагнитное поле мобильных телефонов: влияние на здоровье детей и молодежи. Решение Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, 19 марта 2011 года
9. Астахова А. От всего сердца. Итоги №30 (789) 25.07.2011.

ANALYSIS OF EXPERIENCE TO INFORM THE PUBLIC ON ELECTROMAGNETIC SAFETY
- FROM HEALTH EDUCATION TO PROMOTE A CULTURE OF SAFE USE OF SOURCES OF
EMF

Oleg Grigoriev ¹, Svetlana Marchenko ²

1 - Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia

2 - Federal Medical-Biological Agency of Russia

The article describes the experience of working together the Press Department of Federal Medical-Biological Agency of Russia and the Division of Non-Ionizing Radiation of Federal Medical Biophysical Center to inform the public about EMF safety. IAC WHO International EMF Project recommended the development of information policy for electromagnetic safety. Number of EMF safety topics calls to the Press Department in 2011 increased by 30% compared to 2010. Modern society couldn't to give up modern communication devices, so you need to secure a culture of purposeful life.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ С ПЭВМ. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА

В.Н. Никитина, Г.Г. Ляшко, Э.Ю. Нечепоренко, А.А. Воршевский, А. М. Агафонов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

В настоящее время профессиональная деятельность значительной части населения связана с применением персональных компьютеров. Специалисты отмечают неуклонный рост заболеваемости лиц, работающих с компьютерными технологиями [1-3]. Такие нарушения в состоянии здоровья, как головные боли, раздражительность, нарушение сна, астении и вегетативные дисфункции, формируются уже при стаже работы от 1 до 3 лет. Наряду с другими неблагоприятными факторам, электромагнитные поля (ЭМП), определяют состояние здоровья и самочувствие многочисленного контингента служащих и лиц умственного труда – пользователей ПЭВМ. В последние годы нами проводились исследования электромагнитной обстановки на рабочих местах, оборудованных персональными компьютерами.

Объектами исследования были офисы, библиотеки, конструкторские бюро, центр управления движением морских судов. Исследования свидетельствуют, что электромагнитная обстановка на рабочих местах с ПЭВМ может существенно отличаться в зависимости от направления деятельности работника, используемого оборудования, его размещения относительно рабочего места, расположения офисных помещений, их отделки и других конкретных условий. Состав источников электромагнитных полей на рабочих местах и в рабочих зонах обширен. Электромагнитные поля создаются стационарными и портативными компьютерами, устройствами бесперебойного питания, ксероксами, факсами, компактными люминесцентными лампами. Источниками электромагнитных излучений (ЭМИ) радиочастотного диапазона на рабочих местах с ПЭВМ являются беспроводные устройства, средства защиты информации, средства подвижной связи. Введение операторами сотовой связи разнообразных экономичных тарифов ведет к увеличению продолжительности воздействия ЭМИ абонентских телефонов на персонал.

Результаты наших исследований и работы других авторов [2, 3], свидетельствуют, что при оснащении рабочих мест сертифицированными ПЭВМ и их надежном заземлении стационарные (настольные) персональные компьютеры не создают на рабочих местах электромагнитные поля, превышающие временные допустимые уровни (ВДУ), установленные санитарными нормами и правилами (СанПиН) в диапазоне частот 5 Гц-400 кГц [4].

В настоящее время, в качестве замены настольных ПК, в профессиональной деятельности все шире используются портативные компьютеры. Нами выполнены экспериментальные исследования электромагнитных полей, создаваемые персональными компьютерами Notebook 8 типов компаний Toshiba, Acer, Samsung. Все образцы ПЭВМ произведены в Китае в 2007 г. Были выполнены измерения параметров электрических и магнитных полей на рабочих местах согласно методике, изложенной в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. (на расстоянии 0,5 от монитора). Кроме того проводились измерения ЭМП над клавиатурой на расстоянии 10 см от ее поверхности, что позволило оценить уровни ЭМП в области рук. Исследования ЭМП проводились при различных режимах эксплуатации ПЭВМ: с питанием от электросети и от встроенного аккумулятора. Для измерения ЭМП в

диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц были использованы комплект приборов «Циклон-05». Результаты исследований показали, что в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц интенсивность магнитных полей (МП) при эксплуатации всех 8 обследованных компьютеров на рабочих местах на расстоянии 0,5 от экрана превышает временные допустимые уровни (ВДУ), установленные СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 в 1,8 - 4,4 раза. (Требования данного документа распространяются на портативные персональные компьютеры). Над клавиатурой (на высоте 10см) плотность магнитного потока в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц достигала 1950 нТл (ВДУ ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах, составляет 250 нТл). Дополнительные измерения, выполненные прибором ПЗ-50, показали, что зарегистрированные МП относятся к диапазону частот 50 Гц. В настоящее время не установлены предельно допустимые уровни для магнитных полей частотой 50 Гц, создаваемых портативными электронно-вычислительными машинами на рабочих местах. Санитарно-эпидемиологическими нормативными документами регламентируются только фоновые уровни электрических и магнитных полей промышленной частоты [4,5].

При эксплуатации двух из 8 обследованных типов ноутбуков зарегистрированы электромагнитных излучений СВЧ диапазона, Измерения выполнялись измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41 над клавиатурой на расстоянии 10 см. Измерялись уровни напряженности электрического поля (Е), которые в дальнейшем пересчитывались в плотность потока энергии. Измеренные значения интенсивности ЭМИ на частоте 1 ГГц превышали предельно допустимые уровни, установленные для населения - 10 мкВт/см² [6]. Полученные результаты носят предварительный характер. Но они свидетельствуют, что на рабочих места с портативными компьютерами следует проводить измерения ЭМП в более широком диапазоне частот и учитывать, что руки являются наиболее облучаемой областью тела человека. (Методикой инструментального контроля и гигиенической оценки ЭМП, установленной СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, не предусматривается измерение параметров ЭМП в области рук пользователя портативной ПЭВМ, а диапазон контролируемых частот ограничивается только диапазоном частот 5 Гц-400 кГц). На наш взгляд, требуется также гигиеническая оценка ЭМИ СВЧ диапазона малой и сверхмалой интенсивности, создаваемых такими устройствами как, беспроводные мышь, клавиатура, монитор, современными средствами беспроводных технологий (Bluetooth, Wi-Fi и др.).

В комплекс неблагоприятных электромагнитных факторов, воздействующих на пользователей ПЭВМ, входят статические электрические поля (СЭП). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340 –03, временный допустимый уровень (ВДУ) статических электрических полей, создаваемых ПЭВМ, не должен превышать 15кВ/м. При разработке документа в качестве основного источника статических электрических полей принимались во внимание видеодисплейные терминалы на базе электронно-лучевой трубки. Однако в настоящее время в основном используются жидкокристаллические мониторы. Поэтому, как правило, на расстоянии 50 см от экрана монитора напряженность СЭП не превышает ВДУ. В тоже время наши исследования показали, что не редко повышенные уровни статических электрических полей на рабочих местах регистрируются на расстоянии 70 - 80 см от монитора. Основными источниками статических электрических полей на рабочих местах являются заряды, возникающие при трении электризующихся поверхностей полимерных покрытий пола, мебели, бумаги, одежды из синтетических материалов. При статической электризации от трения происходит также электризация пыли. Такую ситуацию мы наблюдали при исследовании ЭМП на рабочих местах с ПЭВМ сотрудников библиотек. Так в области кресел, значения уровня СЭП достигали 30кВ/м. и выше. На указанных объектах способствует накоплению зарядов низкая относительная влажность воздуха в помещениях (в библиотеках предъявляются особые требования к параметрам микроклимата в помещении).

Особенно ситуация усугубляется в зимний период, когда влажность воздуха снижается из-за работы отопительных систем. В результате пребывания в электростатическом поле и контакта с заряженными предметами тело человека приобретает электростатический заряд. Люди ощущают «легкие уколы и пощипывание», а при контакте одежды и человека с металлическими полками или дверью возникает разряд, что вызывает неприятные ощущения, а ожидание разряда травмирует психологически. Поэтому, на наш взгляд при аттестации рабочих мест с ПЭВМ следует оценивать статические электрические поля, создаваемые всеми источниками СЭП и не только на расстоянии 0,5 м от экрана. Известно так же, что кроме электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ, персонал может подвергаться воздействию фоновых электрических и магнитных полей частотой 50 Гц (не редко, в нарушение требований санитарных правил и норм, рабочие места с ПЭВМ размещаются вблизи кабельных линий, щитовых, встроенных трансформаторных подстанций). На обследованных нами объектах фоновые уровни магнитных и электрических полей промышленной частоты не превышали установленные предельно допустимые значения [4,5].

Источниками ЭМП на рабочих местах с ПЭВМ могут быть компактные люминесцентные (энергосберегающие) лампы, средства защиты информации, устройства блокирования работы мобильных телефонов. Экспериментальные измерения электромагнитных полей, создаваемых указанными источниками, проводились с использованием анализатора спектра IFR 2399В и измерителя уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. При эксплуатации компактных люминесцентных ламп ЭМП создаются электронным пускорегулирующим аппаратом - ЭПРА. Нами выполнены исследования 11 образцов энергосберегающих ламп различных типов. Лампы отличались по конструктивным особенностям, мощности, частоте электромагнитного излучения, светотехническим характеристикам. Измерения ЭМП проводились на расстояниях от 0,2 до 0,5 м. от лампы при размещении образцов в патроне и металлической настольной лампе. Основной спектр ВЧ излучений у исследуемых ламп находился в диапазоне частот от 28 кГц- 58 кГц. Зарегистрированные уровни напряженности ЭМП ВЧ диапазона составляли от 55,5 до 7,2 В/м на расстояниях 0,2 – 0,5 м соответственно. При размещении образцов в металлической настольной лампе интенсивность ЭМП существенно снижалась и составляла соответственно от 35,9 до 1,1 В/м. Исследования показывают, что при определенных условиях интенсивность ЭМП ВЧ диапазона, создаваемых компактными люминесцентными лампами, может превышать ПДУ, установленные для населения - 25 В/м [6]. Были выполнены также измерения электрических полей частотой 50 Гц (использован прибор ПЗ-50). При размещении образцов в металлической настольной лампе интенсивность электрических полей 50 Гц составляла от 130 до 30 В/м на расстояниях 0,2-0.5 м от лампы и не превышала ПДУ, установленные для населения (500 В/м). Следует отметить, что спектр высокочастотных электромагнитных полей, создаваемых энергосберегающими лампами, укладывается в диапазон частот 5 Гц-400кГц, создаваемых ПЭВМ. Без учета данного факта могут делаться ошибочные выводы при оценке интенсивности ЭМП, создаваемых на рабочих местах персональными компьютерами (например, при использовании в качестве источника местного освещения светильника «Дельта»).

В настоящее время для активной защиты объектов электронно-вычислительной техники от утечки информации в форме информативных электрических сигналов, возникающих в сети электропитания, системе заземления, инженерных коммуникациях используются широкополосные генераторы шума (ГШ) по сети электропитания и линиям заземления. Спектральный состав частот шумовой электромагнитной помехи охватывает диапазон 0,01-1800 МГц. Изделия могут быть предназначены для защиты одной или

нескольких ПЭВМ одновременно. Иногда одновременно применяются ГШ двух типов. Нами были выполнены измерения электромагнитных полей, создаваемых на рабочих местах с ПЭВМ широкополосными генераторами шума нескольких типов. Исследования свидетельствуют о широком варьировании интенсивности ЭМП на дискретных частотах спектрального состава, а также в зависимости от технических характеристик и конструктивных особенностей устройств. Измерения показали, что при использовании некоторых типов техники уровни ЭМИ на рабочих местах в СВЧ диапазоне могут достигать десятков и более мкВт/см² и превышать ПДУ, установленные для населения. В технической документации на устройства раздел защиты персонала от ЭМИ отсутствует, а персонал не проходит предварительных и периодических медицинских осмотров как работающий с источниками ЭМП. Необходимо подчеркнуть, что биологическое действие широкополосных электромагнитных излучений радиочастот, создаваемых ГШ, не изучено, гигиенические регламенты отсутствуют, нет утвержденных методик измерения и гигиенической оценки ЭМИ. Вместе с тем, исходя из имеющихся на сегодня данных о механизмах действия ЭМП различных частотных диапазонов, входящих в спектр излучения ГШ, можно прогнозировать негативное влияние систематического воздействия «широкополосного электромагнитного хаоса» на здоровье персонала. Были выполнены измерения ЭМИ, создаваемых установленным в помещении устройством для блокирования работы мобильных телефонов. Установлено, что при эксплуатации устройства в рабочем режиме значения плотности потока энергии на расстояниях 0,5 – 1,5 м составили соответственно от 1,8 до 0,45 мкВт/см², что не превышает предельно допустимого значения 10,0 мкВт/см², установленного для населения. При работе устройства в режиме максимальной мощности электромагнитные излучения, соответствующие предельно допустимым уровням, регистрировались на расстоянии 2,5 м от устройства.

В представленной работе мы остановимся лишь на некоторых аспектах актуальной проблемы обеспечения электромагнитной безопасности многочисленного контингента лиц, работающих с ПЭВМ. На наш взгляд приоритетными направлениями исследований в области обеспечения электромагнитной безопасности пользователей компьютерами являются:

- разработка методики инструментального контроля и гигиенической оценки ЭМП, создаваемых на рабочих местах портативными компьютерами;
- разработка ПДУ широкополосных ЭМП, создаваемых средствами защиты информации, методики измерения и гигиенической оценки ЭМП, создаваемых данными источниками;
- проведение исследований по изучению влияния на организм систематического воздействия ЭМП малой и сверх малой интенсивности, создаваемых беспроводными устройствами на рабочих местах с ПЭВМ (беспроводная мышь, клавиатура, монитор и другие). Разработка методик измерения ЭМИ.

Заключение

Рабочее место с ПЭВМ является иллюстрацией наблюдаемой сегодня тенденции максимального приближения излучающих устройств к человеку. Высокий темп научно - технического прогресса в области электроники требует оперативной разработки гигиенических регламентов ЭМП, создаваемых новой техникой, методических вопросов измерения ЭМП на рабочих местах, создания адекватных приборов – измерителей электромагнитных полей, При гигиенической оценке электромагнитной обстановки на рабочих местах с ПЭВМ необходимо учитывать специфику профессиональной деятельности и состав установленного оборудования. На наш взгляд целесообразно перейти от нормирования на рабочих местах с компьютерами электромагнитных полей, создаваемых

ПЭВМ (как это установлено СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03), к регламентированию ЭМП широкого спектра частот, создаваемых всеми источниками излучения. При использовании определенной техники (например, некоторых типов средств защиты информации объектов информатизации), пользователи ПЭВМ могут быть отнесены к категории лиц, профессионально связанных с эксплуатацией источников ЭМП радиочастот и проходят соответствующие предварительные и периодические медицинские осмотры.

Литература

1. Малютина Н.Н., Власова Е.М. Профессионально обусловленная патология работающих с компьютерами. Медицина труда: Реализация глобального плана действий по здоровью работающих 2008-2017 гг.: Материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию ГУ НИИ медицины труда РАМН //Под ред. Акад. Н.Ф. Измерова - М.: МГИУ, 2008.-С.207 -209.
2. Фахтутдинова Л.М. Индивидуальные факторы риска вегетативных нарушений у пользователей видеодисплейных терминалов //Медицина труда и промышленная экология. – 2004. - № 5.-С. 44-47
3. Фахтутдинова Л.М., Н.Х. Амиров Влияние работы с видеодисплейными терминалами на состояние нервной системы //Медицина труда и промышленная экология. -2003.- № 12. - С.16 – 21.
4. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Тимохова Г.Н., Калинина Н.И., Питикин Д.А. Электромагнитная обстановка в современных офисных помещениях //Сб. докл. десятой Росс. науч. - техн. конф. по электромагнитной совместимости и технических средств и электромагнитной безопасности СПб.- 2006г. – С.584-586.
5. Карнишин В.В., Константинов Е.И. Присмотритесь к компьютеру//Охрана труда и социальное страхование , 2007.- № 6 – С.67-71.
6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
7. СанПиН 2.2.2/2.4.2620 —10 «Изменения № 2 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
8. СанПиН 2.1.2.2801-10 «Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»

ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT AT THE WORKPLACES WITH PC. SAFETY PROBLEMS OF THE PERSONNEL

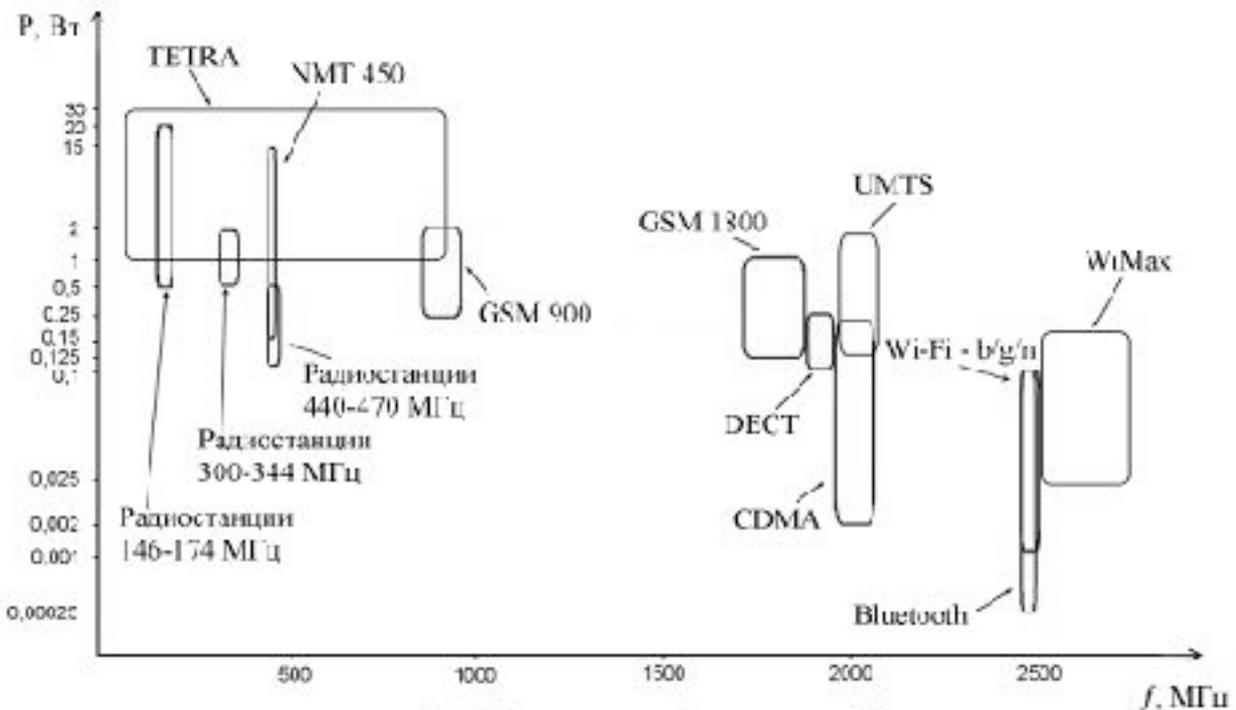
V.N.Nikitina, G.G.Lyashko, N.I.Kalinina, E.Y. Nечeporenko, A.A. Worshevsky, A.M. Agafonov

State Marine Technical University of St. Petersburg (SMTU)

Today the professional activity of many people is connected with use of personal computers. The studies show that the electromagnetic environment at the workplaces with PC may significantly differ depending on the worker's sphere of activity. The electromagnetic fields of broad frequency band are generated by the equipment (stationary and portable computers, information security means of informatization objects, wireless devices, compact luminescent lamps and other sources). The electromagnetic radiation of the visible spectrum band is generated by the lights of general and local illumination. The studies show that many problems

of the normative-methodic and technical provision for the hygienic assessment of the electromagnetic situation at the workplaces are not solved yet.

НОСИМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ



ДАНЫХ И ВОЗМОЖНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Калиничева Е.В.

Учреждение Российской академии медицинских наук Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН, Москва

Аннотация

Представлен обзор стандартов связи носимых устройств передачи данных, используемых на территории Российской Федерации. Рассмотрены частотно-мощностные характеристики устройств приема и передачи данных. Приведены результаты медико-биологических исследований эффектов электромагнитных полей радиочастотного диапазона различных стандартов связи.

Введение

Уровень естественного электромагнитного фона Земли на несколько порядков ниже уровней электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых антропогенными (техногенными) источниками. Источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) являются устройства, которые работают на основе физических свойств этих излучений: распространение и отражение в пространстве, нагрев материалов, взаимодействие с веществами и т. п., а также устройства, не предназначенные для генерации электромагнитной энергии, однако создающие побочные ЭМП. Бурное развитие информационных технологий привело к постоянному увеличению количества устройств, являющихся источниками ЭМП РЧ. Устройства передачи информации широко используются во всех областях современного общества.

Особенностью распространения электромагнитной волны является ее деление на зоны, зависящие от расстояний, диапазонов частот и апертур антенны (в РЧ диапазоне). Выбор методик измерения и методов оценки действия ЭМП на биологические объекты

зависит не только от технических особенностей (частота, тип модуляции, режимы работы) источника излучения, но и от мощности излучения, а также особенностей эксплуатации данного типа устройств.

В ближней зоне источника на частотах ниже 300 МГц оцениваются уровни напряженности электрического и магнитного поля, а также стандартов соответствия с зарубежными стандартами безопасности величина удельной поглощенной мощности или в английской аббревиатуре *specific absorption rate* (SAR). В дальней зоне электромагнитная волна является сформированной плоско поляризованной волной с определенным волновым сопротивлением свободного пространства (импедансом) 377 Ом, где электрическая и магнитная составляющие имеют строго определенную зависимость, поэтому для оценки используется плотность потока энергии (ППЭ).

Носимые средства связи (коммуникаций) являются компактными приемопередатчиками, во время работы которых пользователь находится в ближней зоне электромагнитной волны. Следует отметить, что такие устройства могут быть как приемниками или передатчиками информации, так и приемо-передатчиками одновременно. Излучающим устройством во время приема и передачи сигнала обычно является спиральная, штыревая или планарная антенны. Область их применения обширна - они часто используются как в производственных условиях, так и в быту.

Все устройства приема и передачи данных работают в рамках Международного регламента радиосвязи и в соответствии со стандартами связи, где указаны частоты, мощности, типы модуляций и т.д. На рисунке 1 представлены основные стандарты связи, используемые в России.

Рассмотрение всех современных носимых средств связи позволяет подразделить их на несколько категорий.

Среди различных стандартов цифровой радиосвязи выделяют общеевропейский стандарт TETRA (англ. TErrestrial TRunked RAdio - магистральная наземная радиосвязь), в котором используется метод TDMA (англ. Time Division Multiple Access - множественный доступ с разделением по времени), где цифровой поток разбивается на пакеты, и каждый пакет передается с постоянным периодом в определенном временном окне.

Цифровой мобильный радио-стандарт TETRA в основном предназначен для профессиональных пользователей, которым необходима высокая надежность и безопасность (аварийные службы, коммерческие организации с передвижными рабочими или крупными быстроходными транспортными средствами и пр.). Стандарт TETRA регламентирует работу радиоприемников и передатчиков, использующих диапазоны частот 100-900 МГц [1]. Стандарт определяет четыре основных класса мощности передающих устройств - 1, 3, 10, и 30 Вт [2]. В 2002 году приказом Министра по связи и информатизации № 62 от 06.06.02 о реализации системного проекта "ТЕТРАРУС" стандарт TETRA фактически выбран в качестве федерального стандарта для строительства сетей цифровой радиосвязи в России.

В РФ, согласно ГОСТу 12252-86 "Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений" [3], выходная мощность радиостанций, в зависимости от типа, основного эксплуатационного назначения и диапазона частот, не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1. Выходная мощность радиостанций, в зависимости от рабочего диапазона частот, в соответствии с ГОСТ 12252-86

Диапазон частот, МГц	Выходная мощность, Вт
146-174	20

300-344	2
440-470	до 0,5

Системы первого поколения (1G). Исторически первой системой сотовой связи (система первого поколения или система 1G) была сеть на основе стандарта NMT (англ. Nordic Mobile Telephone - мобильный телефон северных стран). Этот стандарт относится к FDMA-системам (англ. Frequency Division Multiple Access - множественный доступ с разделением каналов по частоте), где для каждого канала задавалась определенная частота для передачи и еще одна - для приема. Все первые системы сотовой связи были аналоговыми, обычно работающими в диапазоне 450 МГц или 800/900 МГц с использованием частотной модуляции. К ним относятся стандарты связи NMT 450 и NMT 900, которые используются, в основном, в северных европейских странах, и известные как "скандинавский стандарт". Стандарт NMT 450 был принят в России в качестве федерального в 1991 году, однако в последствии был преобразован в ИМТ-МС-450 [4]. В NMT-450 мобильные станции полностью совместимы со всеми базовыми станциями системы независимо от страны. Система предназначена в основном для обслуживания наземных мобильных абонентов, однако в некоторых случаях может обслужить также и для абонентов морских мобильных служб на небольших расстояниях от берега. Диапазон рабочих частот стандарта находится в двух полосах: 453-457,5 МГц и 463-467,5 МГц, частотный разнос соседних каналов равен 25(20) кГц. Номинальная мощность передатчика мобильной станции составляет 0,15-15 Вт [5].

Системы второго поколения (2G). Следующим этапом развития стандартов мобильной связи стало появление цифровых сотовых систем второго поколения или систем 2G. К ним относится стандарт GSM 900 (англ. Global System for Mobile Communications - глобальная система мобильной связи) с разделением частотного канала по принципу TDMA (англ. Time Division Multiple Access - множественный доступ с разделением по времени). В остальных временных окнах передаются сигналы других абонентов сети. Диапазон частот стандарта GSM 900 - 890-960 МГц, разнос частот между каналами составляет 200 кГц. Мощность мобильных/портативных устройств стандарта GSM-900 делится на три основных класса мощности - 2; 0,5 и 0,2 Вт [6].

Стандарт GSM-1800 - это модификация стандарта GSM-900, цифровой стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 1710 до 1880 МГц. Одной из особенностей этого стандарта является излучаемая мощность мобильных устройств, которая так же делится на три основных класса - 1; 0,4 и 0,16 Вт [6].

2.5G Системы. Популярность Интернета и мультимедийных данных вызвала потребность в более высоких скоростях передачи данных с помощью беспроводных сетей, которые были предназначены главным образом для голосовых сообщений. Для высокоскоростной передачи данных посредством существующих GSM-сетей и была разработана технология GPRS (англ. General Packet Radio Service - система пакетной радиосвязи общего пользования). При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передается через свободные в данный момент голосовые каналы, такая технология предполагает более эффективную эксплуатацию ресурсов сети GSM [7]. Возможность использования сразу нескольких каналов обеспечивает достаточно высокие скорости передачи данных. Технология EDGE (англ. Enhanced Data rates for GSM Evolution - улучшенные скорости передачи данных для эволюции GSM-стандарта), по сути, является «надстройкой» к GPRS, не может существовать отдельно от GPRS и осуществляет передачу данных со скоростью до 473,6 кбит/с. При GPRS технологии передачи данных средняя

выходная мощность устройства может возрасти, но не превысит максимальную выходную мощность в соответствии со стандартом GSM.

Системы третьего поколения (3G). Следующим этапом развития систем сотовой связи можно считать новый стандарт связи UMTS (англ. Universal Mobile Telecommunications System - универсальная мобильная телекоммуникационная система) - технология сотовой связи, разработанная Европейским Институтом Стандартов Телекоммуникаций (ETSI) для внедрения 3G в Европе. Стандарт UMTS определяет режимы работы устройств в 11 частотных диапазонах. Характерным диапазоном частот стандарта является 1920-2170 МГц (в США 1710-2155 МГц), однако операторами некоторых стран также используются частоты 850 МГц и/или 1900 МГц. Стандартом UMTS определено 4 основных класса мощности: 1,99; 0,5; 0,25 и 0,16 Вт [8].

Для передачи данных через воздушное пространство в стандарте UMTS применяется технология W-CDMA (англ. Wideband Code Division Multiple Access - широкополосный множественный доступ с кодовым разделением) - технология радиointерфейса, с широкополосным множественным доступом с кодовым разделением каналов, использующего две широкие полосы радиочастот по 5 МГц.

В системах третьего поколения наряду со стандартом UMTS также действует стандарт связи CDMA, который работает в диапазоне 1900-2100 МГц. CDMA (англ. Code Division Multiple Access - множественный доступ с кодовым разделением), в отличие от других технологий радиосвязи, в которых имеющийся частотный спектр разбивается на узкополосные каналы и временные интервалы, в системе CDMA сигналы распределяются в широкой полосе частот. Последующее развитие технологии CDMA происходит в рамках технологии CDMA2000. Технология CDMA имеет более низкую мощность излучения, чем стандарты связи в этом частотном диапазоне: максимальная излучаемая мощность составляет 250 мВт, средняя выходная мощность мобильного аппарата CDMA составляет всего 2 мВт [9].

3,5G Системы. Для увеличения скорости передачи данных разработана HSPA (англ. High Speed Packet Access - высокоскоростная пакетная передача данных) - технология беспроводной широкополосной радиосвязи, использующая пакетную передачу данных и являющаяся надстройкой к мобильным сетям WCDMA/UMTS.

Улучшенная HSPA или HSPA+ (англ. Evolved High-Speed Packet Access - высокоскоростная пакетная передача данных) является дальнейшей эволюцией HSPA, в которой добавлены более сложные модуляции и технология MIMO (мультивход и мультивыход). Вследствие этого, HSPA+ позволяет увеличить скорость передачи данных от абонента (Uplink) до 11 Мбит/с и к абоненту (Downlink) до 42 Мбит/с, используя те же мощности, что и стандарт WCDMA/UMTS. [10].

DECT. Современные беспроводные телефоны работают в соответствии со стандартом DECT (англ. Digital Enhanced Cordless Telecommunication - цифровая улучшенная беспроводная связь), который занимает частотный диапазон 1880-1900 МГц и используется в современных радиотелефонах ближнего радиуса действия. Технология DECT рассчитана в основном на применение в офисах, учреждениях и производствах, позволяя организовать локальную телефонную сеть (не более 100 м от базы) и обеспечивая пользователей устойчивой цифровой связью на всей территории предприятия при развертывании нескольких станций, объединенных в сеть. Номинальная мощность передатчика - 10 мВт, максимальная выходная мощность может достигать 250 мВт [11].

В современных носимых устройствах передачи информации, наряду с глобальными стандартами связи (GSM, CDMA и пр.) возникла необходимость развертывания персональных сетей для обеспечения беспроводной передачи данных.

Bluetooth. Стандарт связи Bluetooth обеспечивает беспроводное соединение на малых расстояниях и работает на частотах 2400-2483,5 МГц (79 радиочастотных каналов), используя временное разделение каналов и широкополосные псевдослучайные сигналы и скачкообразную перестройку частоты в рабочем диапазоне частот. Примерами устройств, использующих беспроводную технологию Bluetooth, являются беспроводные гарнитуры мобильных устройств типа "свободные руки" (hands free), компьютерное оборудование типа принтеров, клавиатуры, мышей. Эта технология все чаще используется в персональном коммуникационном оборудовании.

Технология может поддерживать маленькие сети, известные как piconets, от нескольких до ста метров. Устройства разделяются на три класса, в зависимости от мощности, где максимальная мощность устройств 3 класса не превышает 1 мВт, а устройства первого класса могут иметь максимальные уровни излучения в 100 мВт при максимально среднем значении 76 мВт [12].

Wi-Fi. Для организации беспроводной высокоскоростной вычислительной сети с небольшой зоной действия используется технология Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity - «беспроводная точность»), которая работает в диапазонах 2,4 и 5 ГГц и регламентируется набором стандартов связи IEEE 802.11. Изначально стандарт IEEE 802.11 предполагал возможность передачи данных по радиоканалу на скорости не более 1 Мбит/с и опционально на скорости 2 Мбит/с. Один из первых высокоскоростных стандартов беспроводных сетей - IEEE 802.11a - определяет скорость передачи уже до 54 Мбит/с [13]. Рабочий диапазон стандарта 5,15-5,825 ГГц, но в ряде стран, в том числе и в России, данный стандарт не используется.

IEEE 802.11b является популярным стандартом, на базе которого было построено большинство беспроводных локальных сетей. Этот стандарт предусматривает использование диапазона частот 2,4-2,4835 ГГц. Проект стандарта IEEE 802.11g был утверждён в октябре 2002 г.; он работает в том же диапазоне, что и IEEE 802.11b и обеспечивает скорость передачи 54 Мбит/с, превосходя, таким образом, стандарт IEEE 802.11b, который обеспечивает скорость передачи 11 Мбит/с [14].

Стандарт IEEE 802.11n был утверждён 11 сентября 2009 г. Стандарт 802.11n повышает скорость передачи данных практически вчетверо по сравнению с устройствами стандартов 802.11g (максимальная скорость которых равна 54 Мбит/с), при условии использования в режиме 802.11n с другими устройствами 802.11n. Теоретически 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Устройства 802.11n работают в диапазонах 2,4-2,4835 ГГц [15].

Выходная мощность устройств стандартов IEEE 802.11 составляет 100 мВт - 1 мВт [13].

Системы четвертого поколения (4G). Для обеспечения устойчивого высокоскоростного беспроводного обмена информацией в условиях города разработан и используется протокол широкополосной радиосвязи WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access - технология широкополосного доступа в микроволновом диапазоне). Он разработан в июне 2001 года, принят в январе 2003 г. под стандартом IEEE 802.16, работая в диапазоне частот от 2 до 11 ГГц. IEEE 802.16-2005 (известен также как 802.16e и мобильный WiMAX). Выходная мощность устройств стандарта IEEE 802.16 делится на 4 класса и составляет 25, 50, 100 и 200 мВт [16]. Спецификация утверждена в 2005 году и является следующим поколением мобильной связи (4G), оптимизированным для поддержки мобильных пользователей. В мире реализованы несколько пилотных проектов сети четвертого поколения. В России сети Mobile WiMAX работают в диапазоне частот 2,5-2,7 ГГц.

LTE. Следующим шагом развития систем сотовой связи является LTE. (англ. Long Term Evolution - долгосрочное развитие сетей связи) - название технологии мобильной передачи данных. Проект 3GPP является стандартом по совершенствованию технологий CDMA, UMTS для удовлетворения будущих потребностей в скорости передачи данных. Эти усовершенствования могут, например, повысить эффективность, снизить издержки, расширить и совершенствовать уже оказываемые услуги, а также интегрироваться с уже существующими протоколами [17].

С расширением числа и типов источников воздействия на человека ЭМП, в том числе и в ближней зоне излучения заметно возрастает интерес к проблеме электромагнитной безопасности. При этом характерно, что наряду с высокими уровнями ЭМП, человек все чаще подвергается воздействию сравнительно малых интенсивностей.

В рамках гигиенической оценки уровней ЭМП при работе Wi-Fi (2400 –2473 МГц) на расстоянии 1 м от ноутбука плотность потока энергии (ППЭ) составила 0,1 мкВт/см² [18]. Результаты измерений ППЭ сигнала радиомодуля Wi-Fi, работающего по протоколу IEEE 802.11g, показали, что на расстоянии 0,2 м они составили 0,2 мкВт/см² [19], что не превышает как международных, так и российских предельно допустимых уровней (ПДУ) - согласно рекомендациям ICNIRP и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 [20, 21].

Гигиеническая оценка сетей LTE, работающих в диапазоне 2630-2660 МГц, проведенная в 30 различных точках (27 на открытом воздухе и 3 в помещении) Стокгольма, показала что максимальное значение напряженности электрического поля составило 2,6 В/м, что в 17 раз ниже контролируемых уровней, установленных ICNIRP [22].

В современных абонентских устройствах связи может быть до нескольких радиопередающих модулей различных стандартов связи, которые могут работать независимо друг от друга, являясь, тем самым, причиной дополнительных сложностей в оценке потенциального неблагоприятного влияния ЭМП на пользователя. В таблице 2 представлены частотно-мощностные характеристики основных стандартов связи.

Таблица 2. Частотно-мощностные характеристики стандартов связи.

Стандарт	Диапазон частот, МГц		P _{min} , Вт	P _{max} , Вт
ГОСТ 12252-86	150	450	0,1	20
TETRA	100	900	1	30
NMT 450	453	467,5	0,15	15
GSM 900	890	960	0,2	2
GSM-1800	1710	1880	0,16	1
DECT	1880	1900	0,01	0,25
UMTS	1920	2170	0,16	1,99
CDMA	1900	2100	0,002	0,25
Bluetooth	2400	2483,5	0,00025	0,1
Wi-Fi - a	5150	5825	0,001	0,1
Wi-Fi - b/g/ n	2400	2484	0,001	0,1
WiMAX	2500	2700	0,025	0,2

Характер их влияния на живые объекты в настоящее время изучен крайне недостаточно. Наиболее длительные исследования выполнялись по анализу биологических эффектов воздействия ЭМП стандарта GSM. Однако имеются отдельные данные по оценке влияния ЭМП и других стандартов.

Опрос профессиональных пользователей систем радиосвязи, работающих на основе стандарта TETRA (385,25 МГц, частота импульса 17,6 Гц, P=250 мВт, экспозиция 3 раза по

50 мин.) с повышенной и не страдающих повышенной индивидуальной чувствительностью, выявил отклонения в состоянии ЦНС в виде головных болей, повышенной усталости, снижения внимания [23].

Тем не менее, при экспериментальных исследованиях влияния ЭМП этого же стандарта были получены противоположные результаты. Так при оценке влияния ЭМП стандарта TETRA (380 МГц, SAR=0,08 Вт/кг), на лейкоциты человека, A. Antonopoulos, H. Eisenbrandt, G. Obe [24] не выявили изменений в числе хромосомных aberrаций, наряду с отсутствием увеличения хроматидного обмена. Green A.C. и др. [25] проводили оценку внутриклеточной концентрации ионов кальция $[Ca^{2+}]_i$ при воздействии ЭМП стандарта TETRA (380 МГц, импульсная модуляция с частотой импульса 17,6 Гц, SAR=5 и 400 мВт/кг). В экспериментах *in vitro* экспонирование тучных клеток мозжечка и миоцитов сердца лабораторных крыс не привело к постоянному или биологически значимому отклонению во внутриклеточных уровнях кальция $[Ca^{2+}]_i$.

В лейкоцитах человека, экспонированных ЭМП от устройств стандарта NMT в течение 10, 20 и 30 мин (415 МГц, P=15 Вт) микроядерный тест показал увеличение микроядер [26].

Если в более ранних исследованиях отмечалось наличие субъективных реакций у пользователей мобильными средствами связи стандарта GSM, то более поздний опрос пользователей устройств GSM 900 не выявил субъективных симптомов или ощущений у здоровых лиц (головная боль, головокружение, усталость, зуд или покалывание кожи, покраснение на коже, и ощущения тепла на коже) [27].

В экспериментальных исследованиях данные также достаточно противоречивы. Nadia Falzone и др. оценивали потенциал митохондриальной мембраны и фракцию подвижных сперматозоидов человека после воздействия ЭМП стандарта GSM 900 (SAR 2,0 и 5,7 Вт/кг) [28]. Установлено, что при SAR=5,7 Вт/кг скорость движения и частота пересечений сперматозоидом его средней траектории за единицу времени (частота «биения» головки) нарушаются. Непрерывное и ежедневное воздействие мобильного телефона стандарта GSM 900 (SAR около 10 мВт/кг) в течение 6 минут на протяжении 5 дней привело к нарушениям и сокращению репродуктивной способности, а также к перестройке актинового цитоскелета в полости зародыша мушки *Drosophila melanogaster* [29], а при увеличении времени воздействия до 21 минуты в день репродуктивная способность достоверно снизилась [30]. Хроническое воздействие GSM-сигнала (900 МГц, частота импульсной модуляции 217 Гц, ППЭ =100 мкВт /см², SAR = 38-80 мВт/кг на все тело) привело к отрицательному действию на здоровье и снижению продолжительность жизни самок крыс линии Спраг-Доули [31]. Тест-ответ слухового отдела ствола мозга кроликов во время экспозиции позволил установить Карпана А.Е. и др. [32] влияние на электрофизиологические показатели - реакцию слуховой системы на сигнал GSM-900. Патологические изменения структуры щитовидной железы и увеличение каспазо-зависимых путей апоптоза у самцов крыс линии Вистар при экспонировании 20 минут в день в течении трех недель импульсно-модулированным излучением GSM 900 (SAR 1,35 Вт/кг) выявили турецкие исследователи Eşmekeaya MA, Seyhan N и Ömeroğlu S. [33]. Не было установлено прямых цитогенетических изменений стволовых клеток, полученных из амниотической жидкости, сразу или через 24 часа после воздействия устройства GSM 900 (SAR=0,25 Вт/кг) [34], также O'Connor R.P. и др. [35] не установили влияния ЭМП от устройств GSM 900 различной мощности (SAR=0,012-2 Вт/кг) на эндотелиальные клетки человека.

Lerchl A. и др. [36] исследовали изменения веса тела взрослых Джунгарских хомячков после 60 дневного непрерывного экспонирования (SAR=80 мВт/кг) в зависимости от стандарта связи. Так, на частоте 383 МГц (стандарт TETRA) было зарегистрировано

временное увеличение массы тела на 4%, а на частоте 900 МГц (стандарт GSM 900) увеличение массы тела было постоянным и более выраженным (более 6%). Однако, частота 1800 МГц (стандарт GSM 1800) не вызывала изменений в массе тела.

Billaudel В. и др. [37] заключили, что действие стандартов GSM 900 и GSM 1800 в течение 1 часа (частота импульсной модуляции 217 Гц) не влияет на активность орнитиндекарбоксилазы в культуре мышечных фибробластов линии L929.

Рядом ученых были проведены исследования действия ЭМП стандарта GSM 1800 на беременных самок новозеландских белых кроликов и их потомство. Ежедневное 15-минутное экспонирование кроликов в течение недели привело к окислительной деструкции ДНК в ткани печени [38, 39]. Исследования кохлеарной функции позволили выявить снижение отоакустической эмиссии у взрослых самок [39]. Watilliaux А. и др. не выявили изменений количества белков теплового шока и глиальных клеток в мозге новорожденных крыс на следующий день после однократного 2-часового экспонирования сигнала GSM 1800 (SAR 1,7-2,5 Вт/кг) [40]. Paparini А. и др. исследовали экспрессию генов лабораторных мышей при воздействии сигнала GSM 1800 в течение 1 ч (SAR 1,1 Вт/кг на все тело). Микроматричный анализ не выявил изменений уровня экспрессии генов [41]. Действие ЭМП стандарта GSM 1800 на модель человеческих эндотелиальных клеток линии EA.Hy926 изучил Nylund R. и др. [42]. Клетки подвергали экспозиции 1 час (SAR=2 Вт/кг), собирали сразу после действия ЭМП и анализировали с помощью двумерного электрофореза белков. Статистически значимых изменений в экспрессии белка не было обнаружено.

В рамках Европейского проекта EMFnEAR были проведены исследования, целью которых было выявление возможного неблагоприятного действия ЭМП стандарта UMTS на слуховую систему человека. В испытаниях участвовало 73 молодых добровольца без нарушений и болезней органов слуха. На одно ухо через наушник воздействовали типичным разговорным уровнем шума одновременно с истинным и мнимым облучением на частоте 1947 МГц (SAR = 1,75 Вт/кг при расчете на 1 г ткани) в течении 20 минут. Результаты показали, что краткосрочное облучение не вызывает изменений в слуховой системе человека [43]. Исследования времени реакции и внимания на 40 добровольцах - 20 женщин и 20 мужчин в возрасте от 21 до 30 лет - в условиях ЭМП, генерируемого спиральной антенной (имитирующей антенну UMTS телефона) не выявили статистически значимых отклонений при краткосрочном действии возле головы [44]. Измерение активных форм кислорода с помощью цитометрии культивированных Т-лимфоцитов человека, подверженных сигналу UMTS с частотой 1950 МГц (SAR = 0,5 - 2 Вт/кг) при краткосрочном (5-60 минут) и долгосрочном (24 ч) облучении не выявило неблагоприятного влияния ЭМП этого стандарта на жизнеспособность клеток [45]. Оценка повреждений ДНК и микроядерный тест культивируемых фибробластов человека, подвергавшихся 24, 12 и 8 часовому воздействию ЭМП от мобильного UMTS телефона (1950 МГц, SAR < 2 Вт/кг) не выявили генетических изменений в клетках [46]. Подобные результаты были получены при экспозиции периферической крови 6 различных здоровых доноров в течении 6 минут и от 24 до 68 часов. Кроме того, также не наблюдалось изменений в динамике клеточного цикла лимфоцитов [47]. Исследования волосковых клеток улитки крыс линии Спраг-Доули при локальном действии на правое ухо контролируемых ЭМП сигнала UMTS (частота 1946 МГц, SAR = 10 Вт/кг, 2 ч/сутки, 5 дней/неделю, в течении 4 недели) не показали отклонений в кохлеарной функции и отклонений отоакустической эмиссии [48].

Исследования функционального состояния ЦНС во время сна у 177 здоровых мужчин в возрасте от 18 до 30 лет не выявили значимого влияния ЭМП стандартов GSM900 и WCDMA/UMTS при SAR = 2 Вт/кг в расчете на 10 г ткани в условиях экспозиции ночью в течение 2 недель по 8 часов [49].

Гипотеза о повышении риска развития глиомы и менингиомы от действия базовых станций и радиотелефонов стандарта DECT не подтвердилась. Исследования проводились немецкими учеными на 747 пациентах с опухолью мозга, а также 1494 здоровых лиц. Радиотелефоны устанавливали ночью возле кровати у изголовья. Показатель относительного риска развития глиомы составил 0,82 (95% ДИ 0,29-2,33) и менингиомы - 0,83 (95% ДИ 0,29-2,36) [50].

Исследования, выполненные в 13 странах методом "случай-контроль" в рамках международного проекта INTERPHONE установили, что при пользовании устройствами сотовой связи более 10 лет, статистически достоверно увеличивается риск развития глиом $OR=1,4$ (95%ДИ 1,03 - 1,89), тогда как для менингиом увеличение относительного риска развития не достигало порога статистической значимости $OR=1,15$ (95% ДИ 0,81 - 1,62) [51]. Эти данные дали основание для заключения МАИР, которое в мае 2011 г. при рассмотрении ЭМП радиочастотного диапазона как фактора риска развития онкологических заболеваний отнесло ЭМП, создаваемые аппаратами сотовой связи, к категории "2b" - потенциальных канцерогенов по рискам развития глиом у пользователей при длительной эксплуатации мобильных телефонов (более 10 лет) [52].

При рассмотрении вопроса о возможном влиянии на человека ЭМП средств передачи информации нельзя не обратить внимания на единичные исследования, касающиеся оценки средств коммуникации нового поколения как потенциального фактора риска для здоровья человека. Гигиеническая оценка ЭМП от средства мобильной связи типа Hands-Free («свободные руки»), работающего на основе стандарта Bluetooth, установила максимальные уровни ППЭ в режиме разговора, которые на расстоянии 5 см от устройства составили до $0,38 \text{ мкВт/см}^2$, а на расстоянии 20 см снизилась до $0,08 \text{ мкВт/см}^2$. Несмотря на достаточно низкие уровни ЭМП, создаваемые устройством «свободные руки», сигнал стандарта Bluetooth может оказывать потенциальное неблагоприятное влияние на ЦНС человека, т.к. такой тип устройств надевают на ухо и, таким образом, человек находится в непосредственном контакте при работе с приемопередающим устройством, а в наибольшей степени облучению подвергается голова пользователя [19].

Выводы

В связи с увеличением объема передаваемой информации получают широкое распространение новые стандарты связи, имеющие более высокий частотный рабочий диапазон, на фоне снижения выходной мощности современных систем коммуникации. Проведенные за последние 15 лет медико-биологические исследования показывают противоречивость данных о биологических эффектах в зависимости от частотно-мощностных характеристик различных стандартов связи. В основном наблюдается зависимость биоэффектов от мощности и продолжительности экспозиции, тогда как не выявлено значимого влияния модуляции ЭМП, создаваемых современными носимыми средствами передачи информации. Тем не менее, имеются данные о потенциальном канцерогенном риске применения мобильных средств связи. Это обуславливает необходимость учета режим работы и параметров сигнала при медико-биологических исследованиях по оценке возможного неблагоприятного влияния ЭМП новых коммуникационных устройств не смотря на низкую выходную мощность.

Литература

1. ETSI TS 100 392-15 V1.3.1 (2004-06) - Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 15: TETRA frequency bands, duplex spacings and channel numbering

2. ETSI EN 300 392-2 V2.3.2 (2001-03) - Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI)
3. ГОСТ 12252-86 "Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений"
4. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Д.Б.Зимины. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2000.
5. SWEDISH STANDARD SS 63 63 80. Nordic mobile telephone system NMT 450 – Technical specification for the mobile station (Doc. 450-3)
6. ETSI TS 100 910 V8.20.0 (2005-11) - Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio Transmission and Reception (3GPP TS 05.05 version 8.20.0 Release 1999)
7. ETSI TS 101 350 V8.12.0 (2004-05) - Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Overall description of the GPRS radio interface; Stage 2 (3GPP TS 03.64 version 8.12.0 Release 1999)
8. ETSI TS 125 101 V8.0.0 (2008-01) - Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD) (3GPP TS 25.101 version 8.0.0 Release 8)
9. 3GPP2 C.S0024 Version 4.0 Date: October 25, 2002 - cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification
10. 3GPP TS 25.308 V9.3.0 (2010-06) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2 (Release 9)
11. Final draft ETSI EN 300 175-2 V1.9.0 (2005-04) - Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 2: Physical Layer (PHL)
12. IEEE Std 802.15.1- 2005 - Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 15.1: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs)
13. IEEE Std 802.11 - 2005 - Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications
14. IEEE Std 802.11g.-2003 - Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications - Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band
15. IEEE Std 802.11n-2009 - Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications - Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput
16. IEEE Std 802.16e-2005 - Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1
17. "Long Term Evolution (LTE): A Technical Overview". Motorola. Retrieved 2010-07-03.
18. Foster KR. Radiofrequency exposure from wireless LANs utilizing Wi-Fi technology. Health Phys. 2007 Mar;92(3):280-289.

19. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Готовский М.Ю.// Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, М., 2008, Изд-во «Алана», с. 95-105.
20. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74:494–522; 1998.
21. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.
22. Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment. *Bioelectromagnetics*. 2010 Oct;31(7):576-579.
23. Nieto-Hernandez R, Williams J, Cleare AJ, Landau S, Wessely S, Rubin GJ. // Can exposure to a terrestrial trunked radio (TETRA)-like signal cause symptoms? A randomised double-blind provocation study.// *Occup Environ Med*. 2011 May;68(5):339-344.
24. Antonopoulos A, Eisenbrandt H, Obe G. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human lymphocytes in vitro. *Mutation Res* 395, 209-214; 1997.
25. Green A.C., Truscott B., Mifsud N.C.D., Alfadhil Y., Chen X., Tattersall J.E.H. Thermal imaging and modeling of microelectrodes in a radiofrequency field. *Bioelectromagnetics Symposium, Dublin, 2005*. PA-130; 2005.
26. Garaj-Vrhovac V, Vojvodic S, Fucic A, Kubelka D. Effects of 415 MHz frequency on human lymphocyte genome. *Proc. IRPA9 Congress, Vienna, Austria, 3:604-606; 1996*.
27. Koivisto M, Haarala C, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hämäläinen H. GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics* 22:212-215 (2001).
28. Nadia Falzone, Carin Huyser, Francois Fourie, Tim Toivo, Dariusz Leszczynski, Daniel Franken. In vitro effect of pulsed 900 MHz GSM radiation on mitochondrial membrane potential and motility of human spermatozoa. *Bioelectromagnetics*. 2008 May;29(4): 268-276.
29. Chavdoula ED, Panagopoulos DJ, Margaritis LH. Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: Detection of apoptotic cell-death features. *Mutat Res*. 2010 Jul 19;700(1-2):51-61.
30. Panagopoulos DJ, Margaritis LH. The effect of exposure duration on the biological activity of mobile telephony radiation. *Mutat Res*. 2010 Jun 17;699(1-2):17-22. Epub 2010 Apr 23.
31. Bartsch H, Küpper H, Scheurlen U, Deerberg F, Seebald E, Dietz K, Mecke D, Probst H, Stehle T, Bartsch C. Effect of chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) on survival of female Sprague-Dawley rats: modulatory effects by month of birth and possibly stage of the solar cycle. *Neuro Endocrinol Lett*. 2010;31(4):457-73.
32. Kaprana AE, Chimona TS, Papadakis CE, Velegrakis SG, Vardiambasis IO, Adamidis G, Velegrakis GA. Auditory Brainstem Response Changes during Exposure to GSM-900 Radiation: An Experimental Study *Audiol Neurootol*. 2011;16(4):270-276. Epub 2010 Nov 16.
33. Eşmekaya MA, Seyhan N, Ömeroğlu S. Pulse modulated 900 MHz radiation induces hypothyroidism and apoptosis in thyroid cells: a light, electron microscopy and immunohistochemical study. *Int J Radiat Biol*. 2010 Dec;86(12).
34. Bourthoumieu S, Joubert V, Marin B, Collin A, Leveque P, Terro F, Yardin C. Cytogenetic studies in human cells exposed in vitro to GSM-900 MHz radiofrequency radiation using R-banded karyotyping. *Radiation Research* Dec 2010 : Vol. 174, Issue 6a, pg(s) 712-718.

35. O'Connor RP, Madison SD, Leveque P, Roderick HL, Bootman MD. Exposure to GSM RF fields does not affect calcium homeostasis in human endothelial cells, rat pheochromocytoma cells or rat hippocampal neurons. *PLoS One*. 2010 Jul 27;5(7):e118.
36. Lerchl A, Krüger H, Niehaus M, Streckert JR, Bitz AK, Hansen V. Effects of mobile phone electromagnetic fields at nonthermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*). *J Pineal Res*. 2008 Apr;44(3):267-272.
37. Billaudel B, Taxile M, Ruffie G, Veyret B, Lagroye I. Effects of exposure to DAMPS and GSM signals on ornithine decarboxylase (ODC) activity: I. L-929 mouse fibroblasts. *Int J Radiat Biol*. 2009 Jun;85(6):510-518.
38. Tomruk A, Guler G, Dincel AS. The influence of 1800 MHz GSM-like signals on hepatic oxidative DNA and lipid damage in nonpregnant, pregnant, and newly born rabbits. *Cell Biochem Biophys*. 2010;56(1):39-47.
39. Budak GG, Muluk NB, Budak B, Oztürk GG, Apan A, Seyhan N. Effects of GSM-like radiofrequency on distortion product otoacoustic emissions of rabbits: comparison of infants versus adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009 Aug;73(8):1143-1147. Epub 2009 May 27.
40. Watilliaux A, Edeline JM, Lévêque P, Jay TM, Mallat M. Effect of Exposure to 1,800 MHz Electromagnetic Fields on Heat Shock Proteins and Glial Cells in the Brain of Developing Rats. *Neurotox Res*. 2011 Aug;20(2):109-19. Epub 2010 Nov 2.
41. Papparini A, Rossi P, Gianfranceschi G, Brugaletta V, Falsaperla R, De Luca P, Romano Spica V. No evidence of major transcriptional changes in the brain of mice exposed to 1800 MHz GSM signal. *Bioelectromagnetics*. 2008 May;29(4):312-323.
42. Nylund R, Kuster N, Leszczynski D. Analysis of proteome response to the mobile phone radiation in two types of human primary endothelial cells. *Proteome Sci*. 2010 Oct 18;8:52.
43. Parazzini M., Lutman M.E., Moulin A., Barnel C., Sliwinska-Kowalska M., Zmyslony M., Hernadi I., Stefanics G., Thuroczy G., Ravazzani P. Absence of short-term effects of UMTS exposure on the human auditory system. *Radiat Res*. 2010 Jan;173(1):91-97.
44. Unterlechner M, Sauter C, Schmid G, Zeitlhofer J. No effect of an UMTS mobile phone-like electromagnetic field of 1.97 GHz on human attention and reaction time. *Bioelectromagnetics*. 2008 Feb;29(2):145-153.
45. Brescia F, Sarti M, Massa R, Calabrese ML, Sannino A, Scarfi MR. Reactive oxygen species formation is not enhanced by exposure to UMTS 1950 MHz radiation and co-exposure to ferrous ions in Jurkat cells. *Bioelectromagnetics*. 2009 Oct;30(7):525-535.
46. Schwarz C, Kratochvil E, Pilger A, Kuster N, Adlkofer F, Rüdiger H.W. Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008 May;81(6):755-767.
47. Zeni O, Schiavoni A, Perrotta A, Forigo D, Deplano M, Scarfi MR. Evaluation of genotoxic effects in human leukocytes after in vitro exposure to 1950 MHz UMTS radiofrequency field. *Bioelectromagnetics*. 2008 pr;29(3):177-84.
48. Galloni P, Lopresto V, Parazzini M, Pinto R, Piscitelli M, Ravazzani P, Marino C. No effects of UMTS exposure on the function of rat outer hair cells. *Bioelectromagnetics*. 2009 Jul; 30(5):385-392.
49. Danker-Hopfe H, Dorn H, Bahr A, Anderer P, Sauter C. Effects of electromagnetic fields emitted by mobile phones (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on the macrostructure of sleep. *J Sleep Res*. 2011 Mar;20(1 Pt 1):73-81.
50. Schüz J, Böhler E, Schlehofer B, Berg G, Schlaefer K, Hettinger I, Kunna-Grass K, Wahrendorf J, Blettner M. Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations

- of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Radiat Res.* 2006 Jul;166(1 Pt 1):116-119.
51. The INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology* 2010;39:675–694.
 52. Electromagnetic fields and public health: mobile phones. WHO Fact Sheet № 193, June 2011.

Mobile communicative sources electromagnetic fields. Possible biological effects.

Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Kalinicheva E.V.

Research Institute of Occupational Health Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Abstract

Portable wireless telecommunication standards used in Russia review is presented. The frequency and power parameters of these technologies are observed. The results of radiofrequency EMF different telecommunication standards biological effects are analyzed.

БИОЭКОСРЕДА И ТЕХНОГЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ (РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ГИДРОБИОНТАХ – К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ)

Иголкина Ю.В., Сарапульцева Е.И., Литовченко А.В.,
Игнатенко Г.К., Козьмин Г.В.¹, Григорьев Ю.Г.²

Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ»

¹Всероссийский НИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, г.Обнинск

²Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, г.Москва

Реферат. В статье проанализированы биологические эффекты действия НИ ЭМП радиочастотного диапазона с плотностью потока энергии 5, 10 и 50 мкВт/см². Эффекты получены на одноклеточных простейших гидробионтах инфузориях *Spirostomum ambiguum*.

Обнаружено выраженное отрицательное влияние электромагнитного поля по критерию снижения двигательной активности простейших и появлению аномальных форм движения (вертячки, попятные движения и т.п) как на частоте мобильной связи (1 ГГц), так и на частоте радаров военно-промышленного комплекса (10 ГГц). Сделаны выводы, что 1) негативное действие радиочастотного поля проявляется при малых плотностях потока энергии и носит ярко выраженный пороговый характер, 2) наступлению «порога» предшествует латентный (безопасный) период нахождения в ЭМП радиочастотного диапазона; 3) время наступления «порога» находится в обратной зависимости от плотности потока энергии и экспозиции в ЭМП; 4) после достижения «порога» величина негативного эффекта не изменяется с увеличением экспозиции в ЭМП в широком временном диапазоне и 5) негативный эффект снижения двигательной активности спиростом сохраняется как минимум в 10-15 поколениях вегетативно размножающихся простейших.

Приведено обсуждение полученных результатов в свете существующих представлений о безопасности неионизирующих излучений для биоты.

В статье приведены результаты многолетних исследований авторов, выполненные на простейших гидробионтах с использованием лабораторных установок, генерирующих низкоинтенсивные электромагнитные поля радиочастотного диапазона. Проведен анализ и обобщение полученных данных в свете существующих представлений о безопасности неионизирующих излучений для биосферы.

Проблему безопасности использования электромагнитной энергии можно рассматривать с разных точек зрения. С одной стороны, в условиях применения в медицине в лечебных целях. С другой стороны, как обеспечение безопасности населения и биоэкологии: безопасность использования населением мобильной связи, некоторых бытовых приборов, влияние на окружающую среду ЭМП радаров военно-промышленного комплекса, теле-радиовещания и спутниковой связи. По данным Госсанэпиднадзора России на 2000 г., фоновая активность ЭМП (электромагнитных полей) возросла на 5 порядков и продолжает возрастать, в частности благодаря все более масштабному использованию сотовой телефонной связи (за счет резкого увеличения базовых станций).

В настоящее время в Российской Федерации действуют санитарные правила СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03, которые предусматривают для населения ПДУ 10 мкВт/см². Эти рекомендации достаточно жесткие и отличаются от Международных рекомендаций (ICNIRP,

Guidelines 1998), стандартов США (IEEE, Stand. C. 95. 1-2005) и Европейских (CENELEC, EN 50166-2. 2000) в 100 раз.

Проявление биологического действия низкоинтенсивных (НИ) ЭМИ на разных иерархических уровнях организации природных систем не вызывает сомнений (Григорьев Ю.Г., 1997; Григорьев Ю.Г., 2001; Козьмин Г.В., Егорова Е.И., 2006). Неуклонно возрастающий техногенный электромагнитный фон является важным фактором современной биосферы и требует не только гигиенической, но и экологической оценки (Григорьев Ю.Г., Бичелдей У.П., Меркулов А.В., 2003)

В 1995 г ВОЗ объявила проблему электромагнитного загрязнения биосферы приоритетной. С тех пор получено большое количество экспериментальных данных на разных биологических объектах. Однако вопрос биологической безопасности электромагнитных излучений для природных экосистем в настоящее время остается открытым. Это связано в первую очередь с трудностями при сопоставлении результатов экспериментальных исследований из-за недостаточного или неточного описания параметров облучения, широкой вариации исследуемых параметров.

В наших исследованиях в качестве тест-объектов были использованы простейшие одноклеточные организмы, которые нашли широкое применение в задачах биотестирования качества природных сред при химическом и радиоактивном загрязнении. Модельными биологическими объектами явились одноклеточные гидробионты инфузорий *Spirostomum ambiguum* Ehrbg, для которых разработаны и апробированы методики экспресс-анализа природных сред. Ранее нами выполнен ряд исследований влияния низкоинтенсивных радиочастотных полей (Сарапульцева и др., 2009; Sarapultseva et al, 2009; Иголкина и др., 2009; 2010; Литовченко и др., 2011), которые используются в различных сферах техногенной и бытовой деятельности человека.

При исследовании биологического действия ЭМП на модели одноклеточных гидробионтов нами обнаружено выраженное отрицательное влияние электромагнитного излучения по критерию снижения двигательной активности простейших как на частоте мобильной связи (1 ГГц), так и на частоте радаров военно-промышленного комплекса (10 ГГц). При этом, нам удалось наблюдать различную форму реакции простейших во время воздействия ЭМП: 1) негативное действие электромагнитного излучения проявлялось при малых плотностях потока энергии (ППЭ) 5–50 мкВт/см² и носило ярко выраженный пороговый характер, 2) имелся латентный период, когда двигательная активность простейших в ЭМП не отличалась от контроля, 3) появление биэфекта (подавление двигательной активности) имело четкую «дозовую зависимость», 4) после достижения «порога» (когда происходило резкое снижение двигательной активности простейших) выявленный эффект не изменялся с увеличением экспозиции в ЭМП в широком временном диапазоне и 5) эффект сохранялся в 10-15 поколениях вегетативно размножающихся простейших.

В работе использовали экспресс-метод определения токсичности водных сред, предложенный проф. Н.А. Тушмаловой (Тушмалова и др., 1988; Мелехова и др., 2007). Этот метод широко применяется в экотоксикологии, и основан на количественной оценке изменения двигательной активности инфузории *Sp.ambiguum*. Он показал высокую чувствительность к разным химическим поллютантам в малых и сверхмалых концентрациях и к действию ряда других факторов, в том числе к ионизирующему излучению в малых дозах (Тушмалова и др., 1998; Лебедева и др., 2000; Бахвалова и др., 2007; Сарапульцева, 2008; Sarapultseva, Tushmalova, 2011).

В представленном исследовании с использованием экспресс-метода Н.А.Тушмаловой проведен анализ биологических эффектов действия НИ ЭМП с плотностью потока энергии 5, 10 и 50 мкВт/см².

Для этого был разработан комплект установок, характеристики которых подробно описаны в работе (Литовченко и др., 2011). Очевидно, что естественные условия существования организмов – освещённость, влажность, постоянное магнитное и электрическое поля Земли, должны сохраняться во время исследований влияния НИ ЭМП. Эти условия не могут быть полностью обеспечены в экранированных камерах, в которых можно создавать с помощью мощных генераторов необходимые уровни ППЭ ЭМП в «дальней зоне» антенн, где ЭМ волна считается сформировавшейся, и в то же время обеспечивать достаточный уровень безопасности для обслуживающего персонала. Поэтому для подобных исследований в лабораторных помещениях использовали маломощные генераторы ЭМП РЧ-диапазона. Создание необходимых уровней ППЭ достигали за счёт использования рупорных или иной конструкции антенн, имеющих узкую диаграмму направленности. С этой же целью исследуемые образцы располагали на малых расстояниях от антенн, в «ближней зоне». У использованных в установках генераторов выходная мощность не превышала 10 мВт. Благодаря правильно подобранной облучающей антенне, ППЭ в области расположения образца не превышала 50–80 мкВт/см².

В работе использованы установки, в которых применены серийные маломощные генераторы РЧ сигнала (Р2-52 и Г4-109). Антенны этих установок располагали таким образом, чтобы их излучение было направлено вертикально вниз. Это обусловлено тем, что исследуемые тест-объекты размещаются для облучения в ЭМП в плоскодонных открытых ёмкостях (чашках Петри) и находятся в водной среде. Для устранения излучения за пределы установки узел с антенной и образцом располагали на панели из поглощающего в диапазоне РЧ материала. Размер панели 20x20 см обеспечивал отсутствие ЭМП на расстоянии 1 м от антенны. Основные характеристики разработанных установок приведены в таблице.

Таблица. Характеристики установок для облучения мелких биологических объектов в низкоинтенсивном электромагнитном поле радиочастотного диапазона

Рабочая частота, ГГц	Максимальная плотность потока энергии (ППЭ), мкВт/см ²	Расстояние между антенной и образцом, см	Тип генератора	Тип антенн, размер апертуры (раскрыва) антенны
10	50 – 80	25	Г4-109	Пирамидальный рупор с фокусирующей линзой, 14,5x14,5 см
1	50	5	Р2-52	Плоская спираль диаметром 11 см

Измерения ППЭ при настройке установок производили с помощью измерительного приёмника ПЗ-18, увеличивая расстояние между антеннами от 2 – 3 до 20 – 50 см, что на частоте 1 ГГц соответствует «ближней зоне». Антенна измерительного приёмника ПЗ-18 имеет большие размеры. Это не позволяет использовать приёмник для настроек установок

перед каждым экспериментом. Поэтому установки снабжены прокалиброванными датчиками ЭМП.

Размеры кювет с образцами простейших в направлении оси антенн на частоте 1 ГГц сравнимы или превышают половину длины волны ЭМП. Поэтому довольно сложно рассчитать действительное значение ППЭ в области нахождения образца, поскольку методика расчёта ЭМП в области ближней зоны антенн не разработана. Учитывая эти особенности, а также нестабильность напряжения сети, погрешность измерения ППЭ измерительным приёмником ПЗ-18, погрешность, вызванную наличием в ближней зоне составляющей волноводного типа и стоячей волны из-за переотражений между антеннами при измерениях и наличие переотражений между образцом и апертурой антенны, мы считаем, что погрешность определения ППЭ в области расположения образца может составлять 15–20%.

ИЗМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРОСТЕЙШИХ В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Характеристика тест-объекта. Инфузории *Sp.ambiguum* имеют относительно большие размеры: длина 1–3 мм, диаметр 0.3–0.5 мм, что позволяет наблюдать за ними при небольшом увеличении (x2). Они широко распространены в природных водоемах и хорошо размножаются в лабораторных условиях. Спиростом содержали в виде массовой культуры в биологических пробирках при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$ в водопроводной воде, отстоянной не менее трех суток и отфильтрованной через обеззоленный фильтр. Пересадку контрольных и облученных спиростом для поддержания культуры в лог-фазе и их кормление пищевыми дрожжами осуществляли раз в неделю.

Облучение в ЭМП. Спиростом для эксперимента брали из массовой культуры на разные сроки после кормления. Облучение проводили в пластиковых чашках Петри диаметром 4 см в слое воды 0.5 см в течение от нескольких минут до 10 и более часов для разных ППЭ. При проведении экспериментов чашки Петри с исследуемыми спиростомами устанавливали на предметный столик под антенной и через одинаковые для всех серий интервалы (через 15 минут в течение первого часа, а затем – реже, через 30 минут, один и два часа и т.д.) по одной удаляли из зоны облучения. Контрольную культуру помещали в аналогичные условия без воздействия на нее электромагнитного поля.

Наблюдения за изменением двигательной активности спиростом из контрольной группы проводили через каждые 5-10 минут, затем через каждый час в течение нескольких дней. Статистический анализ полученных данных показал, что функция движения у необлученных спиростом значимо не изменяется. Это позволило не проводить контрольные измерения в каждой точке эксперимента, а оценивать двигательную активность спиростом в контроле в начальный момент времени и по окончании экспозиций при кратковременном эксперименте и дополнительно в середине опыта при длительном эксперименте, а затем усреднять полученные значения в каждой контрольной группе.

Количественная оценка двигательной активности. До опыта и сразу по окончании воздействия ЭМП проводили количественную оценку изменения двигательной активности индивидуально у 20-ти случайным образом отобранных спиростом из каждой опытной и контрольной группы. Для этого, в соответствии с имеющимися методическими разработками (Мелехова О.П. и др., 2007) их поодиночно помещали в специальную камеру размером 8 см x

2.5 см x 0.5 см с ячейками диаметром 5 мм и глубиной 2 мм. Изменение двигательной активности оценивали по числу пересечений каждой спиростомой визира окуляра микроскопа МБС-10 за 1 мин. Визир наносили на окуляр в виде двух перекрестно-перпендикулярно расположенных по диаметру линий (рис.1). Таким образом «открытое поле» было условно поделено на 4 сектора.

Спиростома

Визир на окуляре микроскопа

Рис.1. Метод «открытого поля» для просчета изменения двигательной активности спиростом

Оценка темпа деления. Для учета темпа деления и жизнеспособности простейших контрольных и облученных спиростом размещали поодиночно в 96-луночные планшеты и ежедневно регистрировали гибель и деление клеток в «индивидуальных линиях». Если спиростома делилась, то для дальнейшего культивирования оставляли одну из сестринских клеток, а вторую удаляли. В случае гибели особи, линию считали «погибшей». Определяли долю индивидуальных линий, прекративших свое существование на каждый день наблюдения.

Оценка морфологических патологий движения. Одновременно с оценкой двигательной активности подсчитывали количество особей с морфологической патологией в каждой опытной и контрольной группе. Она могла проявляться в форме «вертячек», когда поступательное движение спиростом практически прекращалось и простейшие вращались на месте и судорожных сжатий тела, когда их форма напоминала шар. Количество особей с морфологической патологией движения рассчитывали в % к исходному количеству особей в каждой группе. Наблюдения проводили сразу после экспозиции и через 2 недели после прекращения электромагнитного воздействия.

Статистическая обработка полученных данных. Каждый опыт проводили на 20 спиростомах в контроле и в каждой опытной группе в трех–пяти повторах. Результаты обработаны с помощью статистической программы Microsoft®Excel'2003 SR-2 Origin® по критериям Крамера-Уэлча и Манна-Уитни.

ИЗМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ У СПИРОСТОМ ПРИ ЭКСПОЗИЦИИ В ЭМП С ЧАСТОТОЙ 1 ГГц

На рис.2 представлены протокольные данные изменения двигательной активности у 20 спиростом при экспозиции в электромагнитном поле с частотой 1 ГГц с ППЭ 10 мкВт/см² в течение 1 ч в одной из серий опытов.

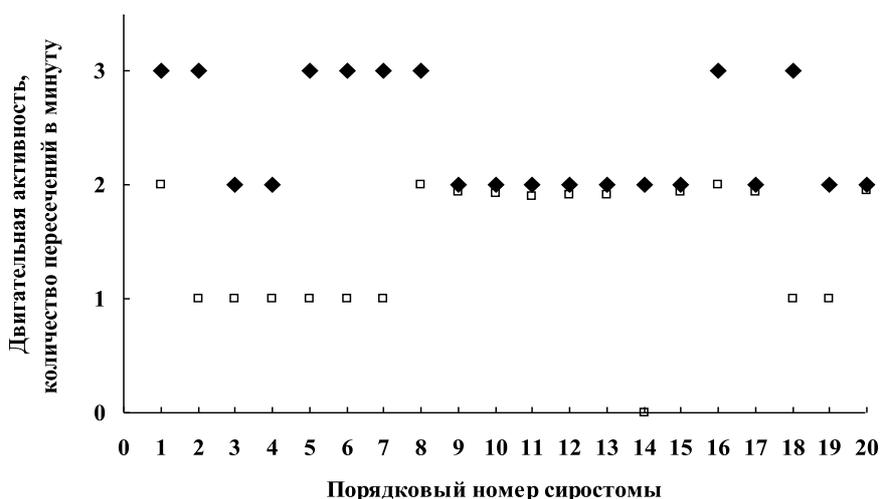


Рис. 2. Показатели двигательной активности спиростом (в абсолютных единицах) в контроле (♦) и в опыте (□) при экспозиции в ЭМП с частотой 1 ГГц и ППЭ 10 мкВт/см² в течение одного часа облучения (2) (протокольные данные).

Видно, что среднее значение двигательной активности в опыте ниже чем в контроле. Таким образом, приведенный пример демонстрирует массовые изменения двигательной активности простейших при экспозиции в ЭМП с указанными параметрами.

На рис. 3–5 приведены кривые «доза (экспозиция в ЭМП) – эффект», характеризующие зависимость снижения двигательной активности спиростом от ППЭ. На рисунках представлены суммарные результаты всех серий опытов.

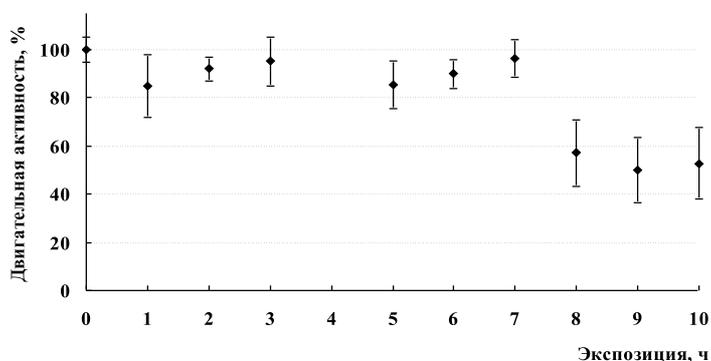


Рис.3. Изменение двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) при нахождении в ЭМП с ППЭ 5 мкВт/см² на частоте 1 ГГц с экспозицией до 10 ч

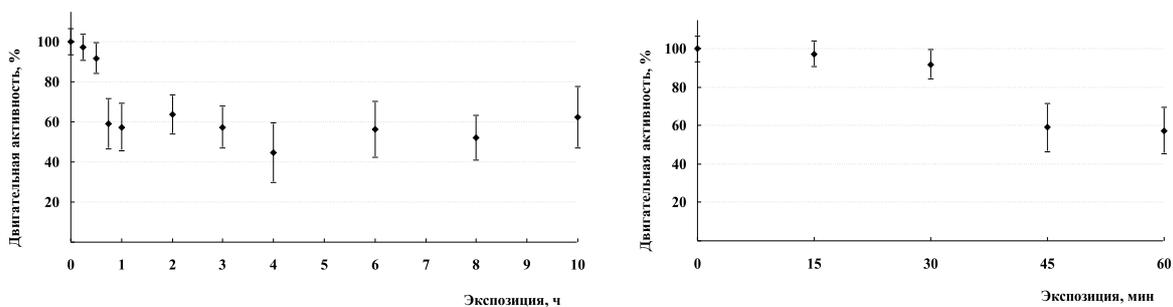


Рис.4. Изменение двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) во время воздействия ЭМП с ППЭ 10 мкВт/см² на частоте 1 ГГц с экспозицией до 10 ч (а) и до 60 мин (б)

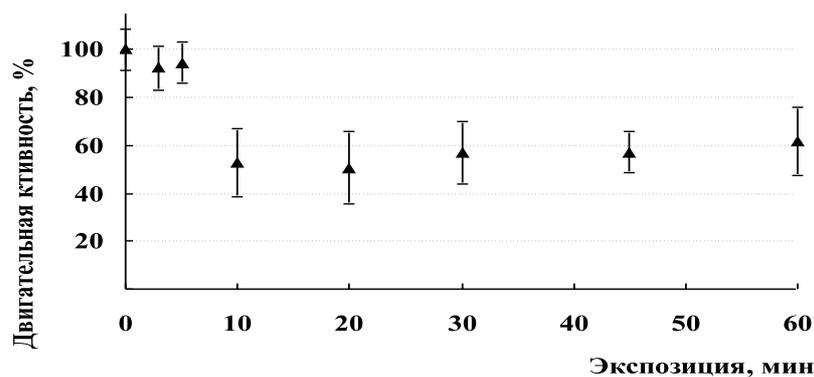


Рис.5. Изменение двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) при воздействии ЭМП с ППЭ 50 мкВт/см² на частоте 1 ГГц с экспозицией до 60 мин

Динамика снижения двигательной активности спиростом при экспозиции в ЭМП с частотой 1 ГГц и разными ППЭ имела одну и ту же характерную особенность. А именно, в начале облучения наблюдается латентный период, при котором снижение двигательной активности спиростом не наблюдалось. Через некоторое время, в зависимости от величины ППЭ, происходит пороговое снижение двигательной активности простейших. В дальнейшем при увеличении экспозиции в ЭМП изменения двигательной активности не наблюдалось. Такая наглядная форма ответной реакции на электромагнитное воздействие была нами получена, благодаря данной модели опыта.

ИЗМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СПИРОСТОМ ПРИ ЭКСПОЗИЦИИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ С ЧАСТОТОЙ 10 ГГц

На рис. 6–8 показаны зависимости изменения двигательной активности спиростом при нахождении в ЭМП с частотой 10 ГГц и исследуемыми ППЭ и разной экспозицией.

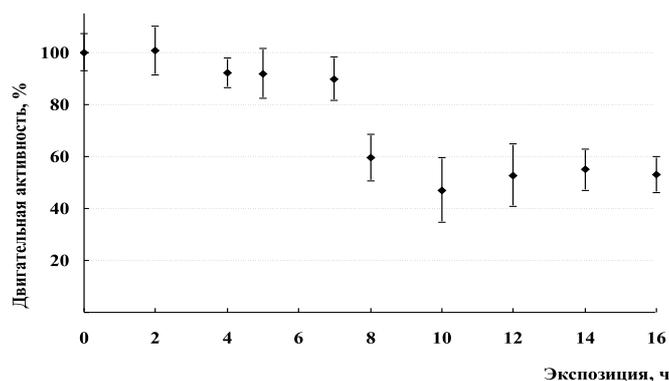


Рис.6. Изменение двигательной активности спиростом (в % от соответствующего контроля) при воздействии ЭМП с ППЭ 5 мкВт/см² на частоте 10 ГГц и экспозицией до 16 ч

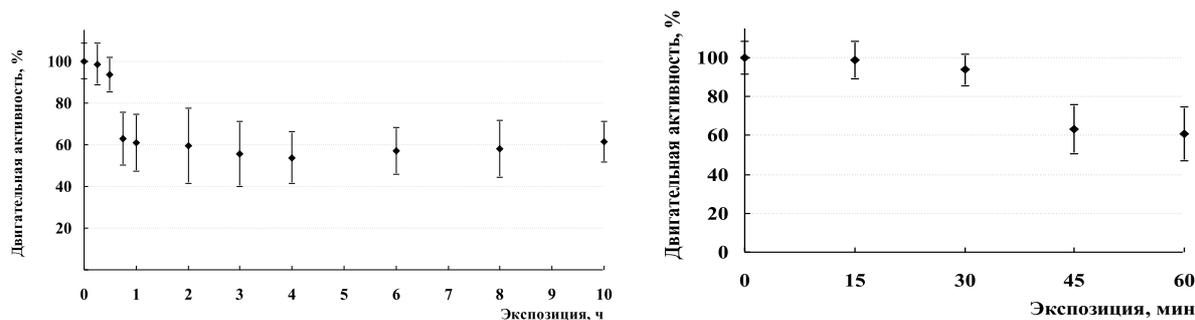


Рис.7. Изменение двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) при воздействии ЭМП с ППЭ 10 мкВт/см² с частотой 10 ГГц и экспозицией до 10 ч (а) и до 60 мин (б)

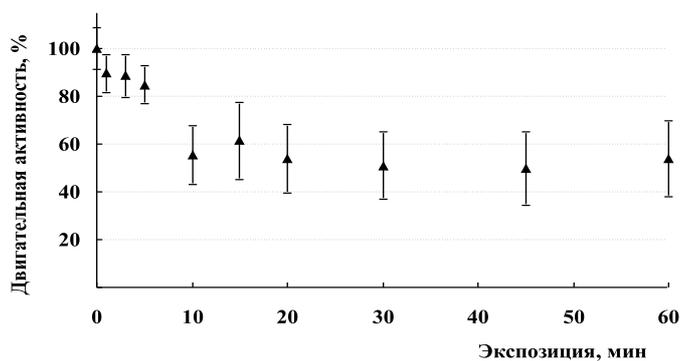


Рис.8. Изменение двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) при воздействии ЭМП с ППЭ 50 мкВт/см² на частоте 10 ГГц и экспозицией до 60 мин

Как видно из рисунков, изменение двигательной активности спиростом во время экспозиции в ЭМП с частотой 10 ГГц происходит «скачкообразно». Причём здесь, как и на частоте 1 ГГц, длительность «запаздывания» порога находилась в обратной зависимости от величины ППЭ (рис.9).

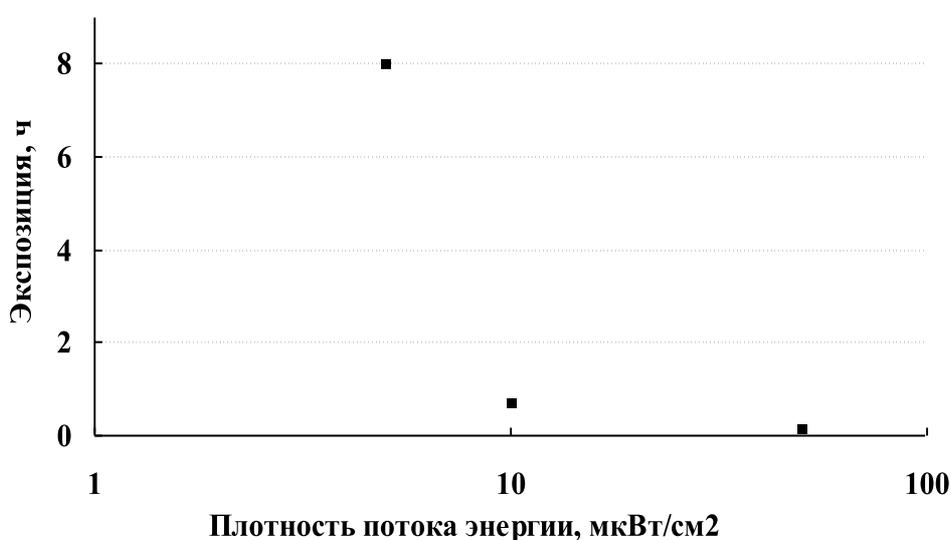


Рис.9. Зависимость времени наступления порогового эффекта изменения двигательной активности спиростом от плотности потока энергии электромагнитного поля с частотами 1 и 10 ГГц (в полулогарифмическом масштабе)

Анализ полученных результатов выявил ещё одну особенность действия ЭМИ на исследуемых частотах – снижение двигательной активности простейших было практически одинаковым при нахождении спиростом в ЭМП как на частоте 1 ГГц так и 10 ГГц и составляло примерно 40% от уровня двигательной активности в контрольных группах спиростом.

Итак, нами впервые показано, что ЭМИ как на частоте радиовещания и спутникового телевидения (10 ГГц), так и частоты работы базовых станций сотовой связи (1 ГГц) может вызывать выраженное снижение двигательной активности простейших, зависящее от ППЭ. Этот эффект носит «пороговый» характер. Далее двигательная активность сохраняет стабильность. Происходит на наш взгляд, нечто, напоминающее триггерный эффект, когда под влиянием неблагоприятного фактора (ЭМП) после достижения определённого уровня система переходит из одного устойчивого состояния в другое и в дальнейшем не реагирует на изменение интенсивности влияющего фактора. Возникает вопрос: какова же природа этого явления? Сразу же можно исключить повышение температуры, поскольку, например, 10 мкВт/см², что соответствует поступлению всего 24 мккал/см²·с, слишком незначительная энергия для нагрева воды в открытой кювете.

В этой связи представляют интерес исследования, в которых показано, что под действием ЭМП происходит синхронизация собственных колебаний кластеров воды, приводящая к диссоциации воды на ионы Н и гидроксильные группы, и появлению одноатомного кислорода (Петросян, 2005, 2006; Петросян, Майбородин и др., 2005). Известно, что незначительное изменение концентрации активных форм кислорода (АФК) может существенно повлиять на химические реакции в биологических системах. АФК приводят к окислительным повреждениям белков и липидов в биологических мембранах.

Поэтому, для обоснования возможных механизмов действия НИ ЭМИ на биоту считаем важным оценить уровень АФК у облученных спиростом.

Другим механизмом реакции простейших на воздействие ЭМИ может служить возможность возникновения диссипативных самоорганизующихся структур, наподобие ячеек Бенара, в поверхностном слое воды (Мартынюк, Нижельская, 2009). Проявление такого эффекта изменяет свойства поверхности водной среды, что, по всей видимости, может оказать влияние на поведенческие реакции *Sp.irostomum ambiguum*.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДАЛЁННЫХ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ

Для выяснения вопроса о длительности сохранения негативного эффекта НИ ЭМП у спиростом, облученных и контрольных простейших содержали в массовой культуре в биологических пробирках. Воду на половину обновляли водопроводной отстоянной водой раз в неделю для поддержания культуры в лог-фазе и осуществляли кормление пищевыми дрожжами. На 4, 14, 21 и 30 сут по 20 особей на каждую временную точку в каждой контрольной и дозовой группе случайным образом индивидуально отбирали для количественной оценки двигательной активности. Каждая серия проведена в 3–5 повторах.

На рис. 10 видно, что эффект снижения двигательной активности у облученных особей, полученный сразу после воздействия, сохраняется в отдаленные сроки, даже через 30 сут, на протяжении которых у спиростом сменилось 10–15 поколений (из литературы

известно, что средняя продолжительность клеточного цикла инфузорий составляет 2–3 сут (Wichterman, 1953).

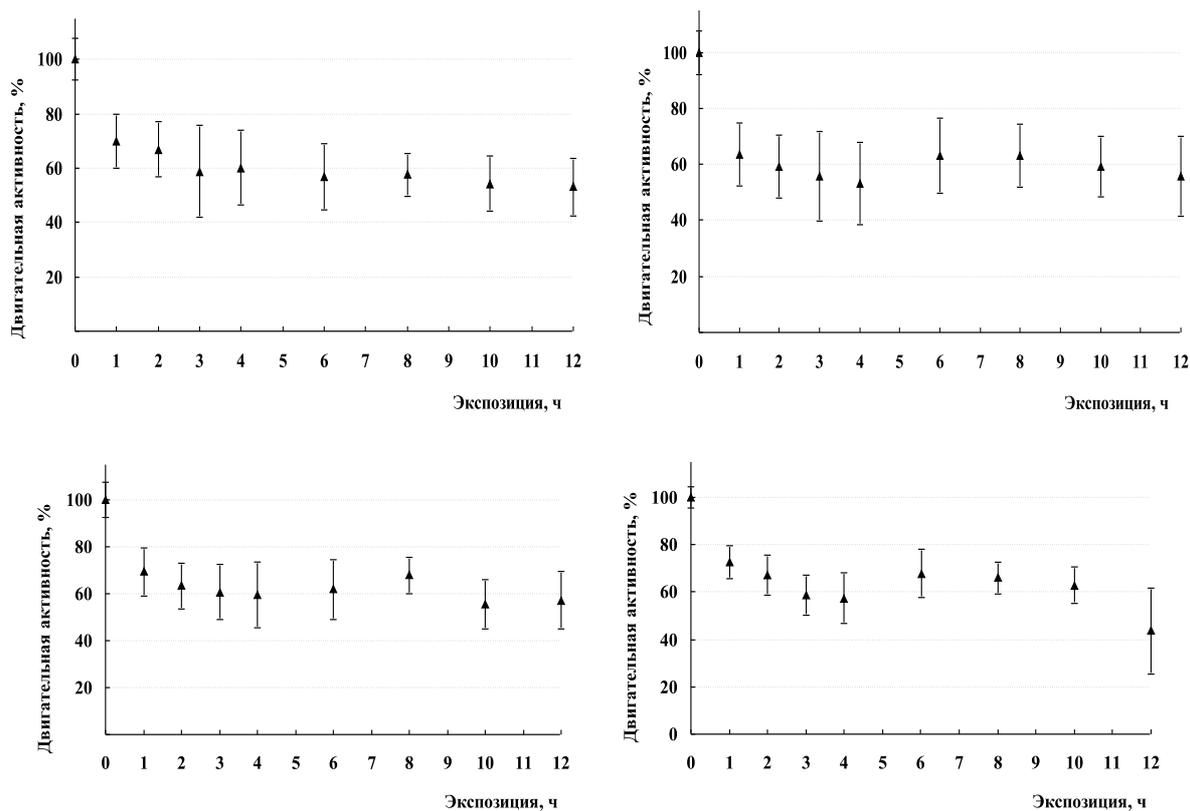


Рис. 10. Зависимость изменения двигательной активности спиростом (в % относительно соответствующего контроля) после прекращения в электромагнитного воздействия с частотой 10 ГГц и ППЭ 10 мкВт/см² с экспозицией от 1 до 10 ч на 4-е (а), 14-е (б), 21-е (в) и 30-е (г) сут

Одновременно мы вели наблюдения за изменением формы движения спиростом, которая в норме близка к прямолинейной. Кроме того, учитывали темп деления и жизнеспособность контрольных и облученных спиростом в «индивидуальных линиях».

Было установлено, что эффект электромагнитного воздействия проявлялся не только в снижении двигательной активности облученных спиростом, но и в появлении таких ярко выраженных функциональных расстройств, как реакции-«предвестники гибели» – судорожные подергивания тела, изменение характера движения от «прямолинейного» до «верчения», попятные движения или полная неподвижность спиростом. На рис.11 показаны физиологическая норма (рис.11а), характерная для контрольной группы простейших, и наблюдаемая нами морфологическая патология движения простейших, длительно находящихся в ЭМП с частотой 1 ГГц и ППЭ 10 мкВт/см². Характер патологии был однотипным при увеличении экспозиции до 6 ч и проявлялся в виде судорожных сжатий тела простейших (рис.11 б) или «вертячек» (рис.11 в).

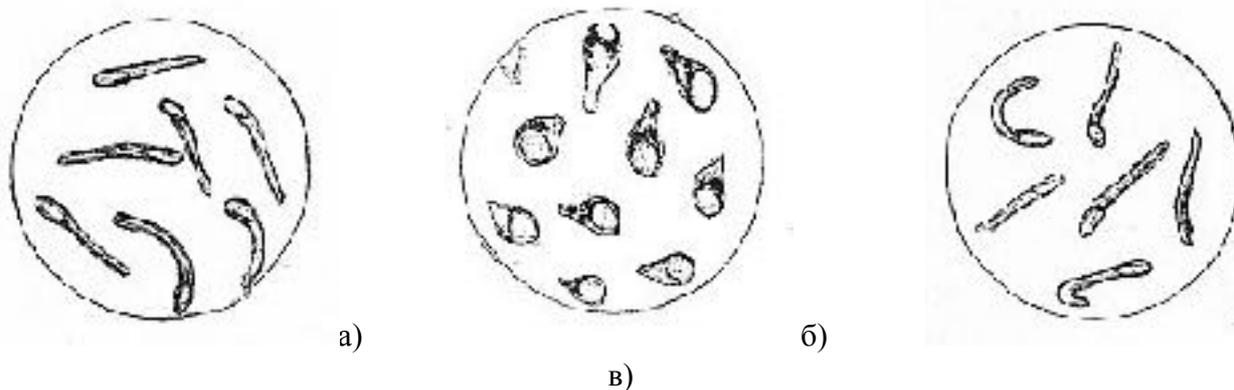


Рис. 11. Физиологическая норма (а) и наблюдаемая нами морфологическая патология спиростом: сжатия (б) и вертячки (в)

После прекращения действия на спиростом ЭМП патологии движения не исчезали, а проявлялись еще наглядней. Так, сразу после воздействия патологии (имеется в виду любая из выявленных форм) наблюдались не более чем у 5% тестируемых особей. На 14-е сутки после облучения их численность возросла до 10-12% (рис.12).

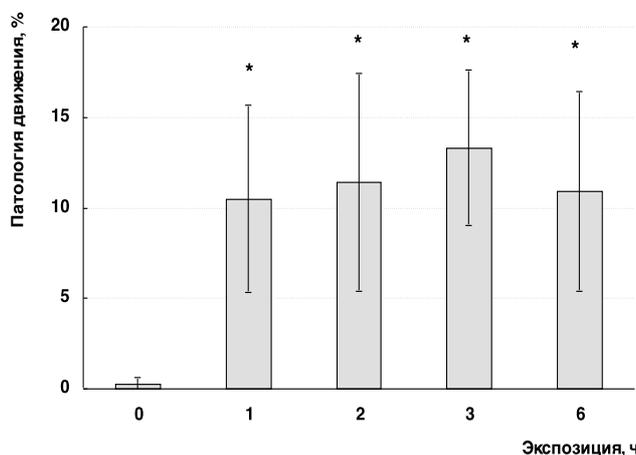


Рис. 12. Изменение частоты встречаемости патологии движения у спиростом, находящихся в ЭМП с частотой 1 ГГц, ППЭ 10 мкВт/см² с экспозицией до 6 ч (в % к исходному количеству особей) на 14 сут после прекращения воздействия

При этом темп деления спиростом не нарушался. А смертность в облученных популяциях была сопоставима с контрольным уровнем и к 30-м суткам не превышала 10–15%.

Анализируя полученные результаты, мы сопоставили их с данными на простейших после γ -облучения *Sp.ambiguum* в широком диапазоне доз, включая малые дозы (Сарапульцева, 2008; Сарапульцева, Иголкина, 2008), и с эффектами снижения жизнеспособности особей в популяциях инфузорий других видов (*Paramecium caudatum*, *Climacostomum virens*), амёб и клеток млекопитающих после облучения низкими дозами радиации (Бычковская И.Б., 1986; Бычковская И.Б. и др., 2006 (<http://irbb.ucoz.ru>). Исследуемые нарушения сохранялись в отдаленные сроки после облучения – наследовались.

Данные о возникновении негативного эффекта у простейших после слабых радиочастотных воздействий в ранние сроки после облучения и о передаче их клеточному потомству исключают мутационную природу этих изменений. Одним из возможных мы предполагаем механизм структурного наследования, лежащий в основе эпигенетической наследственности, описанный в (Ванюшин, 1974; Jablonka, Lamb, 1989; 2003; 2008; Dauer et

al., 2010; Vandegehuchte et al., 2010). В этих работах показано, что связывающиеся с ДНК белки или дополнительные химические группы, могут влиять на ее активность и изменять экспрессию генов. Одним из типов маркировки ДНК является паттерн метилирования. При этом низкий уровень метилирования связан с потенциальной активностью, а высокий – с ее отсутствием. Изменения в паттернах метилирования могут быть индуцированы факторами окружающей среды. Эти измененные паттерны могут устойчиво наследоваться в ряду многих клеточных делений. Однако, учитывая комплексный характер нарушений, трудно представить, что эпигенетический механизм обладает столь множественным эффектом. Возможно, выявленные нарушения у облученных особей и их потомков изменения функции движения могут быть связаны с наличием целого комплекса повреждающих механизмов, затрагивающих, в том числе геном потомков облученных родителей.

Важным моментом проведенного исследования является обнаружение периода «скрытых изменений» или латентного периода, когда воздействие низкоинтенсивного ЭМП еще не проявляется фенотипически. При электромагнитном воздействии с частотой 1 ГГц и ППЭ 10 мкВт/см², которую оценивают как предельно допустимую (ПДУ), продолжительность периода «скрытых изменений» была достаточно низкой – порог имел место уже на 30–45-ой мин воздействия (Сарапульцева и др., 2009, 2010). При ППЭ = 5 мкВт/см², т.е. в 2 раза ниже ПДУ, это период составлял 8 – 9 ч. При ППЭ 50 мкВт/см² – не более 10 мин. Полученные результаты показывают необходимость экологического нормирования воздействия ЭМИ как по величине ППЭ, так и по величине интегральной накопленной дозы, вызывающей пороговую реакцию простейших.

Нами обнаружено, что при воздействии ЭМП на частоте радиолокации, спутникового телевидения, радиосвязи, беспроводных компьютерных сетей, спутниковой навигации и др. (10 ГГц) с ППЭ в 2 раза меньшей, равной и в 5 раз выше, чем ПДУ, у исследованных простейших также происходит значительное, примерно одинаковое во всех случаях, снижение двигательной активности. При этом аналогично влиянию ЭМП с частотой 1 ГГц время проявления нарушений движения имеет обратную зависимость от ППЭ. При ППЭ 5, 10 и 50 мкВт/см² периоды «скрытых изменений» составляли примерно 8 ч, 45 и 10 мин соответственно (Иголкина и др., 2010, 2011). Степень и характер эффекта, полученного при нахождении спиростом в ЭМП на частоте 10 ГГц, заметно не отличались от таковых, обнаруженных при нахождении в ЭМП с частотой 1 ГГц.

На обеих частотах обнаружен пороговый характер эффекта, массовое вовлечение простейших в реакцию и независимость после достижения порога степени изменения их двигательной активности с увеличением экспозиции.

Особый интерес представляют возможные механизмы полученных эффектов, обсуждение которых имеет особый интерес и нуждается в специальных исследованиях, которые нами предусмотрены.

Полученные нами результаты о том, что отрицательное действие ЭМИ на протестированных инфузорий имеет место уже при предельно допустимых и даже в два раза более низких значениях ППЭ, и то обстоятельство, что характер и степень повреждения при радиочастотном облучении тест-объекта с частотами, отличающимися в десять раз, одинаковы, имеют практическую значимость в связи с проблемой нормирования действия ЭМП на биоту и создания системы экологического регламентирования низкоинтенсивных электромагнитных воздействий на биосферу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований мы получили следующие статистически достоверные результаты, относящиеся к важным радиобиологическим закономерностям:

- показана биологическая активность нетепловых уровней интенсивностей ЭМП,
- установлено наличие порога действия ЭМП в условиях хронического воздействия ЭМИ, зависящего от времени экспозиции, то есть от дозы электромагнитного излучения,
- установлена возможность кумулятивного эффекта,-
- получены результаты, показывающие формирование отдаленных последствий с фиксацией этих изменений в последующих поколениях.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахвалова Е.В., Егорова Е.И., Тушмалова Н.А.** Поведение инфузории спиростомы как индикатор наличия тяжелых металлов в водной среде // Биология внутренних вод, 2007. – №2. – С.100-104.
- Бычковская И.Б.** Проблема отдаленной радиационной гибели клеток. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 158 с.;
- Бычковская И.Б., Федорцева Р.Ф., Антонов П.В. и др.** Особые клеточные эффекты и соматические последствия облучения в малых дозах. – СПб.: СПМКС, 2006. – 150 с. (<http://irbb.ucoz.ru>)
- Ванюшин Б.Ф.** Метилирование ДНК в клетках различных организмов // Успехи соврем, биологии, 1974. – Т. 77, вып. 2. – С. 68–90.
- Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03.
- Григорьев Ю.Г.** Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценка опасности) // Радиационная биология. Радиоэкология. 1997. Т. 37, вып.4. С.690-703.
- Григорьев Ю.Г.** Сотовая связь: радиобиологические проблемы и оценка опасности // Радиационная биология. Радиоэкология, 2001. Т.41, 5. С.500-513.
- Григорьев Ю.Г., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В.** Воздействие антропогенного электромагнитного поля на состояние и функционирование природных экосистем // Радиационная биология. Радиоэкология, 2003. Т. 43, 5. С. 544-551.
- Иголкина Ю.В.** Биологическое действие радиочастотного электромагнитного излучения по показателю активности движения инфузорий: Автореф. дис. канд. биол. наук: – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. – 25 с.
- Иголкина Ю.В.** Биологическое действие радиочастотного электромагнитного излучения по показателю активности движения инфузорий: Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – М.: МГУ, 2010. – 197 с.
- Иголкина Ю.В., Сарапульцева Е.И., Литовченко А.В.** Изменение спонтанной двигательной активности инфузорий *Spirostomum ambiguum* после низкоинтенсивного электромагнитного облучения как информативный метод биотестирования // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2009. – №9. – С.49-52.
- Иголкина Ю.В., Сарапульцева Е.И.** Наследуемое снижение спонтанной двигательной активности *Spirostomum ambiguum* после низкоинтенсивного электромагнитного воздействия на частоте 10 ГГц // Биомедицинская радиоэлектроника, 2010. – №1. – С. 45-48.
- Иголкина Ю.В., Сарапульцева Е.И., Литовченко А.В.** Зависимость биологической опасности слабых радиочастотных воздействий от плотности потока энергии. Сообщение 2. Опыты на инфузориях *Spirostomum ambiguum*, облученных на частоте 10 ГГц // Биомедицинская радиоэлектроника, 2011. – №8. С.38-41.

- Козьмин Г.В., Егорова Е.И.** Устойчивость биоценозов в условиях изменяющихся электромагнитных свойств биосферы // Биомед. технологии и радиоэлектроника, 2006. – №3. – С. 61-72.
- Лебедева Н.Е., Тушмалова Н.А., Головкина Т.В.** Индикация уровня биогенных и химических примесей в природных водоемах, примыкающих к МКАД с помощью количественной оценки функционального состояния гидробионтов / Международная конференция «Экополис 2000». – М.: МГУ, 2000. – С. 99-100.
- Литовченко А.В., Козьмин Г.В., Игнатенко А.В., Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В.** Комплект установок для исследования влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей на живые организмы // Биомедицинская радиоэлектроника, 2011. – №8.
- Мартынюк В.С., Нижельская А.И.** Возникновение диссипативных структур при воздействии ЭМИ КВЧ на систему «вода – краситель». Физика живого. 2009. т. 17, № 1, с. 105–111.
- Мелехова О.П., Егорова (Сарапульцева) Е.И., Евсеева Т.И.** и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие / Под ред. О.П.Мелеховой и Е.И.Егоровой (Сарапульцевой). – М.: Академия, 2007 (2008, 2010). – 288 с.
- Петросян В.И.** Резонансное излучение воды в радиодиапазоне // Письма в ЖТФ, 2005. – Т. 31, вып. 23. – С. 29-33.
- Петросян В.И.** и др. Резонансы воды в дециметровом диапазоне длин волн // Биомедицинская технология и радиоэлектроника, 2006. – №12. – С. 42-45.
- Петросян В.И., Майбородин А.В.** и др. Резонансные свойства и структура воды // Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2005. – №1 (37). – С.18-31.
- Сарапульцева Е.И.** Спонтанная двигательная активность инфузорий *Spirostomum ambiguum* после γ -облучения в широком диапазоне доз как информативный метод биотестирования // Радиационная биология. Радиоэкология. 2008. – Т.48. №3. – С. 346-348.
- Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В.** Наследование снижения СДА у одноклеточных гидробионтов *Spirostomum ambiguum* после γ -облучения в малых дозах // Радиация и риск, 2008. – Т.17. №3. – С.54-58.
- Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В., Литовченко А.В.** Исследование предельно-допустимого уровня низкоинтенсивного электромагнитного облучения частот сотовых телефонов по изменению двигательной активности *Spirostomum ambiguum* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2009. – №4. – С.43-47. *перевод*
- Sarapultseva E.I., Igolkina J.V. and Litovchenko A.V.** Evaluation of the Maximum Permissible Level of Low-Intensity Electromagnetic Radiation at Mobile Connection Frequency (1 GHz) by Changes in Motor Activity of Spirostomum Ambiguum // Bulletin of Experimental Biology and Medicine (This issue is a translation of Byulleten' Eksperimental'noi Biologii i Meditsiny), 2009. – Vol.147, No.4. – PP.411-413.
- Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В.** Нарушение функции движения у одноклеточных гидробионтов при слабых радиочастотных воздействиях. Сообщение 1. Опыты на инфузориях *Spirostomum ambiguum*, облученных на частоте мобильной связи (1 ГГц) при разных значениях плотности потока энергии // Биомедицинская радиоэлектроника, 2010. – №10. – С. 49-54.
- Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В.** Изучение зависимости биологической опасности слабого радиочастотного воздействия от значения плотности потока энергии. Эксперименты на инфузориях *Spirostomum ambiguum*, облученных на частоте

мобильной связи (1 ГГц) // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2011, - №4. С.459-463.

Тушмалова Н.А., Данильченко О.П., Бресткина М.Д. Метод биотестирования природных и сточных вод по уровню двигательной активности инфузорий спиростом / Методы биотестирования природных вод. – Черноголовка. – 1988. – С.43-47.

Тушмалова Н.А., Бурлакова Е.Б., Лебедева Н.Е., Томкевич М.С., Головкина Т.В. Поведение донервных организмов – индикатор эффекта сверхмалых доз // Вестн. моск. ун-та, сер.16, биология. – 1998. – №4. – С.24-25.

Яблонка Е., Лэмб М.Дж. Эпигенетическая наследственность и эволюция // Цитология, 2003. – Т.45. №11. – С.1057-1071;

CENELEC, EN 50166-2. 2000

Dauer L.T., Brooks A.L., Morgan W.F. et al. Review and evaluation of updated research on the health effects associated with low-dose ionizing radiation // Rad.Protection Dosimetry, 2010. – **140**, – N2, – PP.103-136.

ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). // Health physics, 1998, 74, P. 494-522.

IEEE, Stand. C. 95. 1-2005

Jablonka E., Lamb M.Y. The inheritance of acquired epigenetic variation // J.Theor.Biol. – 1989. – V.139. – P.69-83.

Jablonka E., Lamb M.Y. The epigenome in evolution: beyond the modern synthesis // Вестник ВОГиС, 2008. – Т.12. №1/2. – С.242-254.

Repacholi M.H. An overview of WHO EMF Project and the health effects of EMF Exposure. Proceedings of the International Conference on None-Ionizing Radiation at UNITEN, (ICNIR 2003) / Electromagnetic fields and our health. 20-23 October. 2003, p. 1-21.

Sarapultseva E.I., Bychkovskaya I.B. Peculiar low-radiation effects as a risk factor: assessment of organism viability in model experiments with *Daphnia magna* // Int. J. Low Radiation, 2010. – Vol. 7, No. 1. – PP.1-9.

Sarapultseva E.I., Tushmalova N.A. Motor Activity of Protozoa: Position of Motor Activity in the Hierarchy of Environmental Bioassay Criteria // Moscow University Biological Sciences Bulletin, 2011. – Vol. 66, No. 3. – PP. 81–85.

Vandegheuchte M.V., De Coninck D., Vanderbrouck T. et al. Gene transcription profiles, global DNA methylation and potential transgenerational epigenetic effects related to Zn exposure history in *Daphnia magna* // Environm.Pollution, 2010, – **158**, – N10. – 3323-3329.

Wichterman R. The biology of paramecium. – NewYork: Blakiston Comp.Inc., 1953. – 398 p.

Environmental and technogenic electromagnetic fields (results of model experiments with aquatic organisms - to risk assessment)

*Igolkina J.V., Sarapultseva E.I., Litovchenko, A.V.,
Ignatenko, G.K., ¹Kozmin G.V., ²Grigoriev Y. G.*

Obninsk Institute of Nuclear Energy National Nuclear Research University "MEPhI", Russian Federation

¹Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Obninsk, Russian Federation

²Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, Moscow, Russian Federation

The biological effect of low-intensity radiofrequency electromagnetic fields (the mobile communications frequency (1 GHz), and the military-industrial complex radar (10 GHz)) with energy flux density of 5, 10 and 50 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ have been analyzed. The test-organism was unicellular aquatic ciliate *Spirostomum ambiguum*. The reduction of ciliates' motor activity and appearance of abnormal forms of their movement (contractions, "whirlings" in spirostoma, etc.) have been obtained. It was concluded that 1) the negative effect of the radiofrequency field appears at low densities of energy and has a pronounced threshold character, 2) the "threshold" is preceded the latent (safe) period, 3) time of offensive of "threshold" is in inverse relationship from energy flux density and an exposition in electromagnetic field, 4) magnitude of the negative effect does not change with the increasing exposition within a wide time range after reaching the "threshold", and 5) the lowered motor activity of ciliates remains at least in 10-15 generations.

Discussion of the results presented in the light of existing notions of non-ionizing radiation safety for biota.

ЗНАЧЕНИЕ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ В СОХРАНЕНИИ ЗДОРОВЬЯ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ РАБОТЕ С КОМПЬЮТЕРАМИ

И. Калинина, В.Н.Никитина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

В настоящее время при решении задач обеспечения электромагнитной безопасности человека наибольшую обеспокоенность научного сообщества и населения вызывает воздействие электромагнитных полей промышленной частоты и электромагнитных излучений (ЭМИ) радиочастотного диапазона. Вместе с тем уделяется недостаточно внимания изучению вопросов гигиены труда и влияния на состояние здоровья людей неионизирующих электромагнитных излучений, относящихся к другим участкам спектра ЭМИ: инфракрасному, оптическому (видимому), ультрафиолетовому. Развитие научно-технического прогресса сопровождается разработкой и внедрением новых технологических процессов и оборудования, создающих в окружающем пространстве указанные выше физические факторы различной интенсивности, требующих проведения их гигиенической оценки на рабочих местах.

Настоящая работа посвящена гигиенической оценке световой среды на рабочих места многочисленного контингента пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ). Свет - видимая часть оптической области спектра электромагнитного излучения с длинами волн 380-780 нм (частота 429 ТГц — 750 ТГц), вызывающая зрительное ощущение. Свет, действуя на зрительный анализатор и через него на кору головного мозга, оказывает разнообразное влияние на различные органы и системы и на организм в целом. В последние годы получены новые данные о влиянии освещенности на выработку эпифизом гормона мелатонина, образование которого регулируется импульсами, поступающими из сетчатки глаза. Мелатонин обладает широким спектром биологических эффектов: ритмологическим, антиоксидантным, иммуномодулирующим, регулирует сон, поведение, репродуктивную функцию. На сегодня экспериментально и клинически установлена взаимосвязь светового режима, продукции мелатонина и риска опухоловой патологии [1-6].

Рассмотрим современное состояние светового климата на рабочих местах с ПЭВМ, с учетом новых данных о значении параметров световой среды для здоровья человека. Параметры световой среды имеют особое значение в работе с персональными компьютерами (ПК), поскольку работа с ПЭВМ всегда связана со зрительными нагрузками. Пользователи ПЭВМ осуществляют такие зрительные операции как считывание информации с экрана, расположенного в вертикальной плоскости, различение знаков на клавиатуре, чтение машинописного текста, находящегося на столе (в горизонтальной плоскости). Расстояние от глаз до экрана составляет от 40 до 70 см (расстояние наилучшего зрения 30 – 35 см). Трудовая деятельность с ПЭВМ относится к точным зрительным работам, т.к. размер минимального объекта различения составляет от 0,1 до 1 мм. В процессе выполнения заданий пользователь ПЭВМ фиксирует изображение на экране монитора, что может составлять от 3 до 200 сек. Особенностью зрительных работ является неизбежность частого перевода взгляда в направлении экран-клавиатура-стол. Частота перевода взгляда у пользователя ПЭВМ составляет от 15 до 30 раз в минуту, а за многочасовое время работы может достигать десятков тысяч раз. В поле зрения работающего может находиться несколько мониторов, имеющих различные размеры, яркость, контрастность, цвет, разную

удаленность от глаз пользователя, что характерно в частности для операторской деятельности. Так, как например, в обследованном нами центре управления движением судов на рабочем месте каждого оператора находится от 7 до 11 мониторов.

Изображение, воспринимаемое с экрана персонального компьютера, имеет высокую яркость, которая может составлять от 120 кд/м² до 250 кд/м². Важной характеристикой монитора является также неравномерность яркости по полю экрана. Различие отражающих свойств поверхностей, находящихся в поле зрения, и неравномерность распределения светового потока в освещаемом пространстве создают неравномерность распределения яркости. При переводе взгляда от одной яркости к другой меняется чувствительность глаза. Короткое, но яркое раздражение понижает его чувствительность. Перевод взгляда с менее ярких поверхностей на более яркие влечет за собой сужение зрачка и уменьшение количества света, попадающего в глаз. Достаточно очень короткого яркого раздражения, чтобы вызвать сужение зрачка на 2-3 мин., а последующее расширение зрачка происходит существенно медленнее. При повторных взглядах на поверхности высокой яркости изображение может «затуманиваться», возникает ощущение ослепления глаз [7 - 9]. При переходах взора от одной яркости к другой происходят изменения аккомодации (свойства глаза изменять свою преломляющую силу для приспособления зрения к работе на разных расстояниях). Частые переводы взгляда излишне нагружают глазные мышцы, что также способствует развитию утомления зрения. Все вышеперечисленное приводит к появлению таких симптомов ухудшения функционального состояния зрительного анализатора как снижение остроты зрения, дисфункция глазных мышц, жалобы на боль в глазах, слезотечение, покраснение век и глазных яблок, чувство жжения, зуд, затуманивание зрения, «пелена перед глазами» и т.д. [10 -13].

Следует подчеркнуть, что из разнообразных видов деятельности с использованием ПЭВМ, особенно высокие требования к условиям труда, в том числе и к параметрам освещенности должны предъявляться к операторской деятельности. При операторском труде к зрительным нагрузкам добавляется высокое нервно-эмоциональное напряжение и сменный режим работы. Нервно – эмоциональное напряжение обусловлено переработкой большого объема зрительной и слуховой информации в условиях ограниченности времени, с работой по сложному алгоритму, большой ответственностью и с высокой ценой ошибок [14 -16]. Часто труд оператора носит сменный характер. При этом нарушается естественный световой режим и, соответственно выработка эпифизом мелатонина. Установлено, что сменный режим работы увеличивает риск развития раковых заболеваний [3]. Международное агентство по изучению рака, официально признало сменную работу канцерогенным фактором для здоровья человека.

Исходя из высоких требований к работе зрительного анализатора при пользовании персональным компьютером, очевидна важность оптимизации условий освещения рабочих мест с ПЭВМ. На сегодня действующими документами российского законодательства, устанавливающими требования к организации условий освещения в помещениях и рабочих мест с компьютерами, являются: СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение», СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

С какими же проблемами приходится сталкиваться в настоящее время при обследовании рабочих мест с ПЭВМ? Для искусственного освещения помещений применяют, как правило, систему общего освещения. Широкое распространение в нашей стране получили четырехламповые зеркальные светильники, встроенные в потолок и

оснащенные прямыми трубчатыми люминесцентными лампами белого света диаметром 26 мм и мощностью 18 Вт зарубежного производства (фирмы – изготовители Philips, Osram, General Electric), реже отечественных производителей (ОАО «Лисма»). Эти лампы имеют хорошую светоотдачу -92-95 лм/Вт и хорошие характеристики цветопередачи [17,18]. При оснащении помещений такими светильниками предполагалось, что по количественным и качественным параметрам условия освещения будут соответствовать требованиям, предъявляемым к работам с компьютерами. Однако при проведении обследования условий освещения помещений выявляются недостатки, которые не встречались ранее.

Так, на обследованных нами рабочих местах с ПК нередко регистрировались высокие уровни освещенности. На некоторых объектах измеренные значения освещенности поверхностей столов, экранов ВДТ превышали нормируемые значения на 95 % рабочих мест. При этом значения освещенности на горизонтальных поверхностях в большинстве случаев превышали 400 лк (нормируется для системы общего освещения), максимальные значения достигали 616 - 627 лк. Уровни освещенности поверхности мониторов достигали 310 лк (нормируемое значение освещенности – 200 лк). Появился новый класс источников света - светодиодные лампы. Исследования показали, что при использовании этих ламп в светильниках местного освещения регистрируются высокие уровни освещенности и значительные перепады яркости на рабочих поверхностях.

В отечественных нормативных документах регламентирована только наименьшая допустимая освещенность во всех точках рабочих поверхностей. Предельно допустимые значения максимальной освещенности не установлены. Произвольное увеличение освещенности выше нормативных значений нецелесообразно не только по экономическим соображениям, но и с гигиенических позиций. Ранее физиологическими исследованиями было установлено, что повышение освещенности до определенных значений способно стимулировать зрительную и общую работоспособность человека и улучшать качество работы. Однако дальнейшее увеличение яркости ведет к неравномерности распределения светового потока, появлению отраженной блескости, вызывает чувство ослепленности и зрительного дискомфорта, а также резко повышает утомление [9, 19, 20]. На необходимость регламентирования максимальных значений освещенности указывают и результаты экспериментальных исследований. Установлено, что воздействие высоких уровней освещенности может влиять на процессы старения организма, поскольку в зависимости от параметров освещенности изменяется выработка мелатонина эпифизом (при ярком свете уровень мелатонина снижается). Мелатонин обладает уникальными антиоксидантными свойствами [1, 4, 21, 22]. В настоящее время получила подтверждение свободно-радикальная теория старения организма.

Больше всего нареканий вызывают современные осветительные установки при контроле коэффициента пульсации освещенности – K_p , который характеризует глубину пульсаций светового потока источников света [23]. Световой поток газоразрядных ламп пульсирует с частотой 100 Гц, эти пульсации не видимы глазу, однако увеличение глубины пульсаций приводит к ускоренному развитию утомления зрительного анализатора. Еще в 70-е годы прошлого века гигиеническими исследованиями было установлено отрицательное воздействие пульсаций освещенности на зрительную и общую работоспособность [7, 24].

В зависимости от точности зрительной работы, нормируемый K_p составляет от 5% до 20%. Для работ с ПК нормируется жесткий K_p . Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 на рабочих местах с компьютерами K_p не должен превышать 5%, в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и СНиП 23-05-95* нормируемый коэффициент пульсации не должен превышать 10%. Существующее разночтение в величинах коэффициента пульсации в документах до сих пор не устранено [25, 26]. На практике измеряемые K_p превышают нормируемые уровни в 2-3 и

более раз. Такая ситуация связана с отсутствием присоединения светильников к разным фазам электросети и с использованием светильников с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ПРА), не позволяющими обеспечить нормируемые значения K_p . Существующие требования по организации питания ламп в многоламповых светильниках от разных фаз электросети или подключение по специальным схемам опережающего и отстающего тока для ограничения пульсаций по экономическим и эксплуатационным соображениям практически не выполняются. А ведь такие схемы подключения известны с начала эксплуатации светильников с газоразрядными лампами [27 - 29]. При обследовании условий освещения может возникнуть парадоксальная ситуация, когда при соответствии всех контролируемых светотехнических параметров требованиям нормативных документов, глубина пульсаций освещенности выходит далеко за рамки нормируемого значения.

Ограничение коэффициента пульсации освещенности достигается также применением высокочастотных электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА). Установка светильников, оснащенных ЭПРА, обеспечивает частоту пульсаций тока люминесцентных ламп выше 300 Гц, высокую световую отдачу, экономию электроэнергии, увеличение срока службы ламп.

Большое значение в последние годы придается проблеме энергосбережения в осветительных установках. Способом повышения энергоэффективности системы освещения является широкое внедрение энергосберегающих компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) для освещения рабочих помещений. КЛЛ имеют в 8-12 раз больший срок службы и в 5 раз большую световую отдачу по сравнению с лампами накаливания. Предполагается, что КЛЛ могут заменить лампы накаливания в первую очередь в жилье, а также применяться в общественно-административных зданиях [18]. В энергосберегающих лампах используются высокочастотные ПРА, которые позволяют снизить коэффициент пульсации до единиц. В то же время электронные ПРА являются источниками электромагнитных полей высокочастотного диапазона, что требует оценки как электромагнитной безопасности, так и электромагнитной совместимости новых источников света.

Еще одним важным качественным показателем освещения является спектральное излучение источников искусственного света. Способность источников света обеспечивать правильное различение цветов характеризуется общим индексом цветопередачи R_a , который по принятой системе оценки имеет диапазон значений от 0 до 100. Отличную и очень хорошую цветопередачу обеспечивают лампы с R_a от 80 до 100, от 70 до 80 – хорошую, от 60 до 70 – удовлетворительную, менее 60 – низкую. Отечественные стандартные линейные люминесцентные лампы имеют R_a не выше 70, компактные – от 80 до 85. В нашей стране улучшенную цветопередачу имеют люминесцентные лампы типа ЛЕЦ, за рубежом такие лампы идут под серией De Lux, Super De Lux [8, 17]. Такие лампы применяются при выполнении работ с высокими требованиями к цветоразличению. В СНиП 23-05-95* рабочие кабинеты относятся к помещениям, в которых требования к цветоразличению отсутствуют. В Европейских нормах освещения для всех офисных помещений нормируется общий индекс цветопередачи R_a не ниже 80, пульсации освещенности не допускаются, т.е. требуется применение люминесцентных ламп с очень хорошей или отличной цветопередачей и с электронными пускорегулирующими аппаратами [18].

Методика измерений показателей освещения регламентирована методическими указаниями МУ ОТ РМ 01-98/МУ 2.2.4.706-98 «Оценка освещения рабочих мест», разработанная специалистами Ивановского НИИ охраны труда. Введение в действие 2003 году СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, появление новых источников света, дисплеев с жидкокристаллическими экранами, потребовало обновления и

методических указаний. Однако проект новых методических указаний так и остался проектом. На сегодня уже требуется пересмотр и указанных выше санитарных правил и норм.

В настоящее время при контроле условий освещения проводятся инструментальные измерения с использованием при помощи люксметров, яркомеров, пульсметров. Приборы внесены в Государственный реестр средств измерения, компактны, удобны в работе, имеют предел допускаемой основной относительной погрешности 8-10%. В то же время, на практике приходится сталкиваться с определенными проблемами. Так, люксметры-яркомеры, выпускаемые ООО НТП «ТКА» и ФГУП «ВНИИОФИ», были разработаны для измерения яркости самосветящихся объектов. Указанные приборы сыграли важную роль при проведении измерений яркости дисплеев на основе электронно-лучевой трубки. Сейчас практически все рабочие места оснащены ПК с жидкокристаллическими экранами. Будут ли корректны измерения данными приборами визуальных характеристик жидкокристаллических экранов? Сообщается, что в отдельных случаях при высокочастотном питании светильников, пульсметрами регистрировались повышенные значения коэффициента пульсации [30]. По-видимому, необходимы новые измерительные приборы для контроля характеристик световой среды, создаваемой современными поколениями источников света.

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют, что в настоящее время имеет место недооценка роли и значения световой среды в сохранении здоровья и работоспособности персонала при работе с персональными компьютерами. К сожалению, в последние годы сократились научные исследования в области гигиены освещения. На сегодня актуально установление научно-обоснованных предельно допустимых уровней максимальной освещенности, разработка рекомендаций по применению, энергосберегающих и светодиодных ламп с различными спектральными характеристиками. Требуется проведение мероприятий по снижению пульсаций освещенности от действующих и проектируемых осветительных установок. Учитывая внедрение новых источников света, необходима разработка методических рекомендаций по гигиенической оценке параметров освещения и оптимизации светового климата на рабочих местах с ПЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.Н. Хронометр жизни // Природа.- 2007.- №7.- С 3-10.
2. Мелатонин в норме и патологии / Под ред. Комарова Ф.И., Рапопорта С.И., Малиновской Н.К., Анисимова В.Н.—М.: ИД Медпрактика-М., 2004.—308 с.
3. Anisimov V.N., Popovich I.G., Zabezhinski M.A. et al. Melatonin as antioxidant, geroprotector and anticarcinogen // Biochim. Biophys. Acta.—2006.—Vol. 1757.—P. 573–589.
4. Brzezinski A. Melatonin in humans // New Engl. J. Med.—1997.—Vol. 336.—P. 186–195.
5. Анисимов В.Н., Виноградова И.А. Старение женской репродуктивной системы и мелатонин. –СПб:Система, 2008. - 44 с.
6. Анисимов В.Н., Виноградова И.А. Световой режим, мелатонин и риск развития рака// Вопросы онкологии.-2006- Том 52.- № 5- С. 491-498.
7. Черниловская Ф.М. Освещение промышленных предприятий и его гигиеническое значение. - Л.: Медицина, 1971. - 288 с.
8. Кроль Ц. Е., Мясоедова Е. И., Терешкевич С. Г. Качество промышленного освещения. - М.: Энергоатомиздат, 1991.-224 с.

9. Захаров Н.И. Освещение производственных помещений: (Учебное пособие) Министерство образования РФ, ПГТУ.– Пермь: ПГТУ, 2000.-144 с.
10. Ким И.Н., Мегеда Е.В. Влияние электромагнитных полей на пользователя компьютерного оборудования//Гигиена и санитария.-2007. - №1- С.44-48.
11. Калинина Н.И. Гигиенические аспекты влияния работы с видеодисплейными терминалами на зрительный анализатор и обоснование рекомендаций по профилактике утомления зрения: Автореф.дис....канд.мед.наук. - СПб, 1992. - 22 с.
- 12.Ахмадеев Р. Р., Азнабаев М. Т., Суркова В. К., Сагадатов Н. М. Зрительные функции у пользователей персональными компьютерами – офтальмологические аспекты// Вестник офтальмологии.- 2001.- №4 - С. 52-54.
13. Большакова В.А. Функциональные нарушения органа зрения и их профилактика у профессиональных пользователей ПЭВМ//Медицина труда и промышленная экология.-2004.- №10-С.27-30.
14. Казарян Э. Э., Мамиконян В. Р. Причины и профилактика утомляемости зрительного анализатора у пользователей компьютерных видеодисплеев//Вестник офтальмологии.- 2003.- №3.- С.50-53.
15. Фатхутдинова Л.М. Индивидуальные факторы риска вегетативных нарушений у пользователей видеодисплейных терминалов//Медицина труда и промышленная экология.-2004.-№5-С.44-47.
16. Лаврик Н.С., Палеха О.Н., Чмиль А.А. Влияние увеличения времени работы за монитором компьютера на некоторые показатели функционального состояния глаза// Вестник офтальмологии.-2004. - №6 – С. 28-30.
- 17.Федоров В.В. Люминесцентные лампы. М.: Энергоатомиздат, 1992.-128 с.
18. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга.- 3-е изд.- М.: Знак, 2006.- 972 с.
19. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль.- М.: Медицина, 2003.–560 с.
20. Ильина Е.И., Частухина Т.Н. Требования к освещению рабочих мест с компьютерами// Безопасность и охрана труда.-2006.-№4–С.35-39.
- 21.Анисимов В.Н. Эпифиз, биоритмы и старение организма//Успехи физиологических наук.-2008.- Том 39.- № 4- С.52-76.
- 22.Хижкин Е.А., Ильина Т.Н., Лотош Т.А., Илюха В.А., Виноградова И.А., Анисимов В.Н. Влияние постоянного освещения на антиоксидантную систему крыс зависит от возраста животных / Труды Карельского научного центра РАН.- № 2- 2010.- С. 62–67.
23. Алексеев С.В., Усенко В. Р. Гигиена труда. - М.: Медицина, 1988.-575 с.
24. Гончаров Н.П., Киреев Н.Н. Зрительная работоспособность при естественном и искусственном освещении// Светотехника. – 1977. - №9-С.5-7.
25. Ильина Е.И. Почему не принимаются меры для снижения пульсации освещенности// Светотехника.- 2005-№4 - С.71-73.
26. Пашковский Р. О реализации требований нормативных документов по искусственному освещению// Светотехника. – 2004 - №3-С.51-53.
27. Волоцкой Н.В., Кнорринг Г.М., Рябов М.С., Шайкевич А.С. Электрическое освещение производственных и гражданских зданий. - М.-Л.: Энергия, 1964.-768 с.
28. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Часть 2. Физиологическая оптика и колориметрия. М.: Энергоатомиздат, 1989.-430 с.
29. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г.М. Кнорринга.-Л.: Энергия.- 1976.-352 с.

30. Ильина Е.И. О проблемах измерений параметров световой среды и ультрафиолетового излучения при аттестации рабочих мест по условиям труда// Безопасность и охрана труда.-2007.-№3–С.30-33.

Significance of light environment for preservation of health and labor efficiency of personnel working with computers

N.I. Kalinina, V.N.Nikitina

Federal state budget educational institution of higher professional training "St.-Petersburg State Marine Technical University"

Illumination conditions are very important for proper organization of labor for people working with personal computers. Research shows that visual work with the screen is characterized with significant visual stress, professional nervous and emotional strain. Organization of optimum illumination at computer users' work places is an important task. Inspection of illumination conditions revealed excessive levels of light exposure at work places, infringement of normative requirements regarding light pulsation. Further research in the field of illumination hygiene is needed in order to improve sanitary legislation documents, develop hygienic requirements to the design of lighting fixtures in offices. Creation of adequate measuring instruments to check light exposure parameters is also necessary.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО КУРСУ "ГИГИЕНА НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ": ПРОГРАММА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Алексеева В.А., Григорьев О.А.

*ИППО ФМБЦ им. Бурназяна ФМБА России
Кафедра "Медицины труда, гигиены и профпатологии"*

В настоящее время есть два, на наш взгляд, важнейших положения, определяющий как никогда важную роль непрерывного дополнительного образования специалистов в области гигиены неионизирующего излучений, занимающихся практической работой: врачей гигиенистов, экспертов-физиков, а также специалистов по охране труда.

Первый - это происходящая в настоящее время смена модели организации системы охраны труда. Второй связан с изменением базовой технологической модели общества современного постиндустриального общества, основанной на расширенном использовании систем широкополосного беспроводного доступа, изменивших условия контакта с источниками электромагнитного поля.

Как было заявлено Минздравсоцразвития России, "государство меняет действующую модель охраны труда, осуществляет переход от компенсационной модели к системе управления профессиональными рисками" [1]. Впервые в базовые нормативные документы введено понятие профессионального риска - вероятности причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных или опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору. Это влечет за собой как разработку принципиально новой нормативной базы, так и решительные изменения в существующей системе санитарно-эпидемиологического нормирования вредных производственных факторов, к которым, безусловно, относятся физические факторы неионизирующей природы. С введением системы управления профессиональными рисками на рабочих местах произойдут изменения в практических подходах по оценке условий труда, а функциональное выстраивание служб охраны труда и системы профпатологии в одну логистическую цепочку также меняет характер работы специалистов, связанных с реализацией предупредительных мероприятий по охране здоровья, выявлением и оценкой рисков в условиях работы с неблагоприятными факторами физической природы. Возникает новая специализация: специалисты-оценщики, они в полной мере должны быть компетентны при оценке фактора в ходе аттестации, поскольку результаты их работы будут на следующем этапе использоваться врачами-профпатологами. Таким образом, происходит не просто изменение документальной базы нормирования физических факторов, а принципиальная смена идеологии нормирования и практики применения нормативов.

Прошедшее десятилетие задало тренд к непрерывному усложнению электромагнитной обстановки, при этом характеристики источников меняются быстрее, чем это успевают заметить санитарные нормы и методические указания. Произошло сближение условий облучения населения и работающих в условиях контакта с источниками электромагнитного поля - этот прогноз четвертьвековой давности в полной мере оправдался [2,3]. Для большинства населения электромагнитную обстановку (ЭМО) определяют абонентские терминалы подвижной радиосвязи (сотовые телефоны, смартфоны, компьютеры, планшетники и прочие), система передачи и распределения электроэнергии тока промышленной частоты с добавлением высших гармоник, суперпозиция маломощных "точечных" источников ЭМП радиочастотного диапазона - базовые станции разнообразных

стандартов, обеспечивающих беспроводной широкополосный доступ (шумоподобный маломощный сигнал). Мы стоим на пороге этапа усложнения электромагнитной обстановки в которой мало выполняется базовая парадигма нормирования ЭМП, доставшейся в наследство от государства с другой социальной формацией - приоритет медицинских данных и максимальное полное предотвращение колебаний гомеостаза, вызванных воздействием фактора. Таким образом, специалисты, работающие с фактором электромагнитной природы должны адекватно представлять как условия и принципы формирования электромагнитной обстановки, так и алгоритмы адекватного использования средств измерения и применения нормативной базы.

Кроме того, именно к практикующим специалистам обращено максимальное количество казальных бы элементарных вопросов "о вредном излучении" от какого-либо бытового прибора, базовых станций сотовой связи, о применимости защитных средств и другие вопросы "начального" уровня. И в данном случае необходимо обратить внимание на психосоциальный аспект проявления профессиональной готовности - часто ответы именно на такие простые вопросы демонстрируют уровень компетенции специалистов в среде людей, которые не обязаны быть компетентными именно в довольно узких вопросах гигиены и охраны труда, но принимают решения организационного и финансового характера.

Таким образом, очевидно, что специалист должен регулярно повышать уровень профессиональных знаний. Недостаток навыков и знаний с учетом развития новых технологий приводит к неэффективной работе и невыполнению поставленных задач, что напрямую способствует повышению у специалиста стрессов и энергетических затрат связанных с работой, а также снижению мотивации.

Учитывая существующие потребности в повышении квалификации кадров, на базе кафедры "Медицины труда, гигиены и профпатологии" Института последипломного профессионального образования ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России был разработан и внедрен в учебный процесс курс дополнительного специального образования по теме "Гигиена неионизирующих излучений" для врачей гигиенических специальностей, экспертов-физиков испытательных лабораторий, экологов, специалистов по охране труда.

Целью курса является совершенствование профессиональных теоретических и практических знаний в области обеспечения требований санитарно-эпидемиологического надзора за источниками неионизирующего излучения, методических подходов, умений и навыков по всем разделам и направлениям специальности, необходимых для самостоятельной работы специалистов.

Курс построен в виде лекционных, семинарских и практических занятий. Общая продолжительность обучения в аудитории 72 часа, включая время на проведение итогового тестирования, успешное прохождение которого позволяет выдавать слушателям свидетельства об обучении установленного государственного образца.

Объем учебного материала курса охватывает физические факторы неионизирующей природы, в том числе - электромагнитное поле, вибро-акустические факторы, аэроионы, а также микроклимат. Продиктовано это, прежде всего тем, что специалисты-практики, как правило, в своей специализации охватывают именно эту группу физических факторов как применительно к производственным, так и к коммунальным условиям.

Структура курса предполагает по каждому из факторов знакомство с источниками фактора, принципы и научную базу санитарно-эпидемиологического нормирования, изучение современных средств измерения и обработки результатов, а также представления данных для последующего анализа и подготовки заключения. Особое внимание уделено методологии измерений, метрологическим аспектам, включая учет погрешности измерений и правилам измерений в условиях многократного отсчета точек. В основе каждого из разделов

лежат научные материалы о механизмах и природе воздействия фактора на биологические объекты, сделан акцент на различие между биологическими эффектами и развитием неблагоприятных последствий для здоровья, классификации возможных заболеваний и условий их возникновения. По избранным, наиболее актуальным разделам, подготовлены специальные лекции, излагающие самые современные научные данные, в том числе результаты собственных исследований и исследований зарубежных ученых, не введенные в отечественный научный оборот. Такие лекции представляют некоторую сложность для преподавателей, поскольку необходимо дать информацию в сжатом объеме, но на уровне, адекватном для восприятия аудиторией. Примером таких лекций являются "Реакции центральной нервной системы на воздействие ЭМП", "ЭМП источников подвижной сотовой связи", "Инфразвук и его биологическое действие".

Отдельно сделан акцент на экологические аспекты физических факторов, причем специальная лекция посвящена электромагнитному полю - учитывая важное биотропное значение именно этого фактора.

При планировании курса мы сознательно вынесли в отдельный раздел, материал, посвященный рабочему месту пользователя ПЭВМ. Такие рабочие места наиболее распространены и их гигиеническая оценка, аттестация вызывают значительное количество вопросов специалистов-практиков, поскольку этот источник является комплексным с точки зрения набора факторов воздействия, который к тому же широко распространен, а широта вариаций мест размещения диктует местные особенности и необходимость учитывать внешние факторы воздействия. Кроме того, на рабочих местах, оснащенных ПЭВМ, трудятся специалисты различных профессий, которые относятся ко всем возрастным группам, очевидно, они могут иметь заболевания, в том числе латентные и хронические, не связанные с работой с ПЭВМ. Поэтому специалистам необходимо быть готовыми давать компетентную оценку их условий труда, с одной стороны, чтобы дифференцировать ранее приобретенные или вызванные другими причинами заболевания, а с другой стороны обеспечить условия труда, не позволяющие провоцировать развитие заболеваний при работе с использованием ПЭВМ. Дополнительным фактором, усложняющим оценку условий труда на таких рабочих местах, являются непрерывные изменения в технических характеристиках оборудования рабочего места пользователя ПЭВМ - так, в частности, действующие СанПиН разработаны в части ЭМП применительно к мониторам с электронно-лучевыми трубками, которые сейчас применяются достаточно редко, однако получили распространение индивидуальные системы Wi-Fi и другие системы широкополосной беспроводной передачи данных, электромагнитное поле которых надо оценивать на рабочих местах пользователей ПЭВМ.

В методическом плане курс "Гигиена неионизирующих излучений" сочетает подходы, направленные на повышение общей профессиональной компетентности слушателя, что как правило решается в ходе лекционных занятий, и подходы, направленные на подготовку к решению типовых задач, которая осуществляется в ходе семинарских и практических занятий.

Согласно современным исследованиям в области профессионального образования, в современных условиях детерминированности производственных задач именно умение построить свою деятельность на основе навыка решения типовых задачи становится залогом профессионального и личностного успеха специалиста [4]. Специфика курса позволила выделить ряд таких задач и включить их в программу практических занятий, которые занимают более половины учебного времени. К ним в первую очередь относятся вопросы практической дозиметрии, в том числе использования приборов, метрологическому обеспечению, особенно вопросам учета погрешности приборов и проведения измерений в условиях нестационарного по времени воздействия, а также вопросы оформления

документации и ведения протокола измерений. Кроме того, вопросы, связанные с санитарно-эпидемиологической оценкой воздействия отдельных источников также построены на методологии умения решения типовых задач: к таким источникам мы отнесли рабочее место пользователя ПЭВМ/ПК, базовую станцию подвижной радиосвязи, рабочее место оператора транспортного средства на электротяге и ряд других, в основном характеризующихся наличием комплекса факторов как вибро-акустического, так и электромагнитного происхождения.

Задача методической разработки лекционного блока основана на стимулировании способностей к саморазвитию специалиста и содействию в выстраивании траектории профессионального развития, отвечающей актуальным практическим задачам в области гигиены неионизирующих излучений. Мы совершенно согласны с авторами [5], что в данном случае чрезвычайно важно стимулировать у слушателей курса рефлексивность, проявляющуюся в различных видах мыслительной деятельности и предполагающую анализ реальности, которая, в данном случае включает как процесс обучения, так и соотнесение получаемых знаний с реальностью условий их практического применения. Поэтому часть лекций, особенно те, которые конкретно не связаны с гигиеной, в методическом плане направлены именно на развитие профессиональной рефлексии слушателей. В рамках курса этой задаче полностью посвящена лекция о реакциях центральной нервной системы на ЭМП радиочастотного диапазона, которую читает профессор С.Н. Лукьянова. Второй методический прием, использованный для этой же цели, был основан на выделении яркого, понятного слушателям и хорошо проиллюстрированного примера биологического эффекта в общетеоретической лекции с последующим акцентированием внимания на этом эффекте при изложении последующего материала. В качестве одного из примеров нами было использовано явление образования пор в клеточных мембранах при воздействии импульсного электрического поля (электропорация), при этом представленная удачная фотография явления, выполненная при помощи атомно-силового микроскопа, дала четкую визуализацию и образ в сознании слушателей, что позволили впоследствии его уверенно применять в частных разделах курса. Как мы считаем, в том числе и на основе результатов тестирования слушателей, такой подход позволяет эффективно стимулировать активную мыслительную деятельность слушателей, что служит залогом как заинтересованного усвоения учебного материала, так последующего усвоения профессиональных знаний в условиях самостоятельной подготовки.

В процессе освоения курса немало важную роль играют семинарские занятия по некоторым крупным разделам, в ходе которых, происходит анализ и групповое обсуждение конкретных производственных ситуаций, которые могут быть выражены в виде описания, видеофильма и т.п. Во время рассмотрения практических ситуаций и трудностей, с которыми специалисты сталкиваются на местах, происходит дискуссия или групповое обсуждение производственной проблемы, в которой слушатели играют активную роль, а преподаватель регулирует и контролирует учебный процесс. Рассмотрение практических ситуаций дает возможность слушателям ознакомиться с опытом работы других организаций (содержание конкретной ситуации), а также сформировать умения и практические навыки принятия решений.

Безусловно, авторский коллектив разработчиков курса старался придерживаться принципов аддитивности и комплиментарности в формировании как его объема, так и структуры. Однако, очевидно, что степень адекватности понимания объемов необходимого в соответствии с этими принципами материала подвержен коррекции для каждой учебной группы, поэтому для установления исходного уровня слушателей разработан и применяется входной тестовый контроль.

Курс "Гигиена неионизирующих излучений" на кафедре "Медицины труда, гигиены и профпатологии" ИППО ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России включает следующие разделы.

1. Гигиена источников электромагнитного поля.

Это один из самых крупных разделов курса, в котором подробно рассматриваются характеристики, источники, биологическое действие электромагнитного поля диапазона частот 0–300 ГГц. В базовой лекции рассмотрены радиобиологические основы биоэффектов электромагнитных полей, дана информация по механизмам биоэффектов, о критических системах организма. Представлены современные результаты научных исследований. Выделена роль "неэнергетических" параметров ЭМП в развитии биоэффекта, в том числе роль модуляции воздействующего ЭМП.

В рамках раздела представлена гигиеническая регламентация в условиях производственных и внепроизводственных воздействий электрического и магнитного поля, методы и средства защиты в диапазоне частот 0 – 300 ГГц. Отдельно выделена подвижная радиосвязь как источник ЭМП гигиенически значимого уровня.

Несмотря на то, что обучение ведется специалистов практического звена, даны общие понятия о теоретических основах методов и средств расчетов ЭМП при прогнозировании.

Большое внимание уделено методам измерений электромагнитного поля радиочастотного диапазона и метрологическим основам измерений ЭМП в целях санитарно-эпидемиологического надзора. Этот материал разбит на лекционный, семинарский и практический раздел. В ходе последнего отрабатываются практические задачи как на специально выделенных стандартизованных источниках ЭМП (в целях освоения современных приборов), так и на специально организованных рабочих местах.

Специальная лекция посвящена электромагнитному загрязнению окружающей среды и его экологическим аспектам. Она построена так, чтобы с одной стороны дать теоретическую подготовку и практические знания, а с другой стороны решает методическую задачу стимулирования рефлексии слушателей.

2. Гигиена факторов микроклимата и световой среды.

Предметом этого раздела курса является микроклимат и световая среда. Информация дается по плану: биологическое действие фактора, его гигиеническая регламентация, методы и средства измерений и нормализации параметров. Особое внимание уделено аэроионам в воздухе рабочей зоны, это чрезвычайно важный фактор как для функционального состояния работающих, так и для состояния их здоровья, однако, как показывает опыт, на практическом уровне контроль осуществляется без должного внимания, а в вопросах нормализации аэроионной обстановки достаточно много технических решений, основанных скорее на искренних заблуждениях, чем на научно обоснованной базе.

3. Гигиена виброакустического фактора.

Раздел охватывает виброакустические факторы производственной среды (шум, вибрация, инфра- и ультразвук), в том числе источники, механизмы и эффекты действия на организм человека, гигиеническая регламентация фактора.

Особенностью курса является ряд специализированных лекций, основанных в значительной мере на научных данных Института биофизики и ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. К ним относятся вопросы методов клинко-физиологической оценки воздействия комплекса факторов производственной среды для персонала шумо-виброопасных профессий в динамике рабочего дня, а также модифицирующее влияние различных факторов в формировании эффектов вредного действия. Специальная лекция посвящена вопросам акустической безопасности, методам расчета зон безопасности, оценки неблагоприятного действия при хроническом и остром воздействии (взрыв при теракте, аварии, катастрофе),

оценка риска возникновения профессионального заболевания персонала.

Детально рассматриваются профилактические мероприятия по снижению вредного действия виброакустических факторов в производственных условиях: отчасти объем этого материала смещен на практические занятия и проводятся одновременно с ознакомлением с методами и средствами измерения фактора.

4. Организация безопасной работы на рабочих местах пользователей ПЭВМ.

Материал предварительно излагается в лекционном курсе, а затем, в тот же учебный день, на практических занятиях слушатели имеют возможность провести измерения физических факторов неионизирующей природы на специально организованном рабочем месте пользователя ПЭВМ и отработать решения этой важной прикладной задачи.

5. Изучение методов гигиенической оценки и классификация условий труда при воздействии физических факторов неионизирующей природы

Это очень важный в современных условиях раздел, в котором на теоретическом и практическом материале рассматриваются новые правила аттестации рабочих мест по условиям труда согласно Приказу Минздравсоцразвития РФ от 26.04.2011 N 342н.

6. Проведение первичных и периодических медицинских осмотров персонала, подвергающегося воздействию физических факторов неионизирующей природы

Раздел подготовлен на основании Приказа Минздравсоцразвития России №302н от 12 апреля 2011 г. «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

В рамках курса важное внимание уделено вопросам практического освоения современных методов и оборудования дозиметрии физических факторов. Слушатели изучают методы и средства защиты от воздействия физических факторов. На практических занятиях им обеспечена возможность провести измерения электромагнитного поля радиочастотного диапазона, шума, инфразвука, вибрации с использованием экономически доступных приборов. При проведении практических занятий по методам измерений большое внимание уделено использованию утвержденных методик, в том числе правильности их применения и представления полученных результатов для включения в протокол.

Проблема получения дополнительного образования в области гигиены и биологических эффектов неионизирующих излучений является актуальной не только для нашей страны, причина этого явления в общности проблем, стоящих перед государствами со схожим уровнем технического и культурного развития. В связи с этим, в процессе подготовки собственного курса мы проанализировали зарубежный опыт постдипломного образования в области гигиены неионизирующ излучений. Практически в каждой стране, которую принято относить к технически развитым на современном уровне, существует система подготовки в этой области. Безусловно, национальная специфика организации контроля за факторами отражается на специфике структуры дополнительного образования, но постоянное совершенствование профессиональных навыков фактически является обязательным для всех специалистов. Их дополнительная подготовка происходит как в рамках постоянных университетских курсов постдипломного образования, так и в рамках периодических учебных курсов. Например, в Болгарии в Лаборатории телекоммуникаций Колледжа телекоммуникации и почты Высшего государственного училища ведется подготовка специалистов по мониторингу электромагнитной обстановки, ее оценке с упором именно на дозиметрические аспекты и физико-технические аспекты формирования условий облучения. А в Австралийском колледже окружающей среды (The Australian College of

Environmental Studies) в Сиднее ведется подготовка с большим уклоном в медико-биологические проблемы воздействия неионизирующих излучений, причем курс построен по блочному принципу, когда слушатели могут выбрать один из трех блоков в зависимости от специализации либо прослушать объединенный курс. Для США более характерным является использование бизнес-решений подход к организации дополнительного профессионального образования: так на базе компании MediConsult проводятся учебные циклы, в которых объединяют преподавателей различных университетов, а программа каждого конкретного цикла имеет акцент на наиболее актуальные текущие проблемы. Так в осеннем семестре 2011 года она была практически полностью посвящена аспектам магнитного поля, включая вопросы физических основ, механизма биологического эффекта, клинических эффектов и возможностей использования биологических эффектов магнитного поля. В курс были также включены лекции по современному состоянию исследований, по характеристике источников и формированию экспозиции магнитным полем и, конечно, вопросы практики измерений в конкретных условиях воздействия. Таким образом, слушатель получает исчерпывающую информацию по одному из факторов неионизирующей природы, при этом он имеет возможность "пофакторно" выбрать необходимые блоки обучения и получать необходимую именно ему специализацию.

На наш взгляд, относительно приближенным к разработанному нами курсу является курс "Медицина окружающей среды", разработанный в Германии в соответствии с директивой Генерального медицинского совета [6]. Согласно программе курса, при его общей продолжительности курса 80 часов, в его первой половине происходит подготовка по вопросам физической природы факторов, законодательных и нормативных основ обеспечения безопасности и контроля. Вторая половина курса имеет выраженный уклон в медицинские аспекты - дипломированный специалист получает знания по основам диагностики состояния здоровья в условиях воздействия неблагоприятных физических факторов окружающей среды неионизирующей природы, а затем ему преподаются основы терапии для соответствующих случаев. Охват воздействующих факторов в нашем курсе и в немецком практически совпадает: ЭМП, акустика, в рамках которой выделяется инфразвук, как специфичный подраздел, факторы микроклимата. Однако в программу отечественного курса включена аэроионная обстановка и рабочие места пользователей ПК, чего нет в программе в Германии. Существует разница в медицинском разделе - если курс ФМБЦ им. А.И. Бурназяна глубоко состыкован с вопросами профпатологии и касается вопросов терапии, то в ФРГ этому аспекту наоборот уделяют существенно большее внимание. Безусловно, такая разница обусловлена национальной спецификой законодательства и каждый из курсов наиболее полно отвечает местной специфике. По окончании и того, и другого курса проводится итоговое тестирование, на основании результатов которого выдается свидетельство государственного образца о повышении квалификации.

Таким образом, представляется важным, что в условиях глобализации экономик, промышленности и в том числе систем образования, разработанный и внедренный нами курс вполне укладывается в основные мировые тренды организации последипломного и непрерывного образования специалистов.

Практическое применение разработанного нами курса позволяет с одной стороны увеличивать инструментальную оперативность мыслительных средств специалистов на основе современных данных и отработки типовых задач в их взаимосвязи с общим предметом курса, а с другой стороны, мы очевидно стимулируем их рефлексивность в надежде на активное получение новых знаний как в статусе слушателей, так и в ходе последующей профессиональной деятельности. По нашему мнению, изложенная в настоящем сообщении структура курса "Гигиена неионизирующих излучений", объем и содержание лекционных и

практических занятий позволяют поддерживать современный методический и научный уровень преподавания в целях повышения квалификации специалистов на постдипломном периоде их работы и обеспечивать качественную основу для выполнения ими служебных обязанностей на высоком современном профессиональном уровне.

Литература

1. Жарова Н.В. Государство меняет действующую модель охраны труда // Экономика и жизнь, №44 (9410) от 10 ноября 2011.
2. Сердюк А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды. – Киев: Наукова думка, 1977. – 228 с
3. Григорьев О.А. Электромагнитная безопасность городского населения: характеристика современных источников ЭМП и оценка их опасности. в сб. "Электромагнитные поля и население: Сборник статей // Под общей ред. проф. Ю.Г. Григорьева. – М.: Изд-во РУДН, 2003, С.76-93.
4. Мирзабекова О.В. Профессиональная направленность обучения специалистов на основе решения типовых задач. // Человек и образование. Академический вестник Института образования взрослых Российской академии образования. № 2 (15), 2008. с. 40-43
5. Метаева В.А. Методология проектирования образовательных практик последипломного образования на основе рефлексивного метода. // Человек и образование. Академический вестник Института образования взрослых Российской академии образования. № 4 (5), 2006. с.46-49
6. Teaching and learning contents for postgraduate courses in "environmental medicine" according to the directives of the General Medical Council. Bundesärztekammer (Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Ärztekammern). Berlin, 2006. P.18

THE EDUCATION COURSE "HYGIENE FOR NON-IONIZING RADIATION": THE PROGRAM AND THE LEARNING PROCESS

Victoria Alekseeva, Oleg Grigoriev

Post-graduate Education Institute of Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia
Department "Occupational Medicine and Hygiene"

In this article we discuss the content and structure of the course "Hygiene for non-ionizing radiation", prepared by the authors. The course is read in the department "Occupational Medicine and Hygiene" in Post-graduate education institute, *FMBC of Russia*. The content of these course includes a description of non-ionizing radiation sources, the characterization of exposure conditions in the consumer and professional environment, safety principles, which include hygiene standards, measurement methods, methods of protection. The volume of learning material covers the physical factors of non-ionizing nature: the electromagnetic field of vibro-acoustic factors, air ions, and microclimate. The course is built in the form of lectures, seminars and practice. The total duration of studying is 72 hours. The course is developed for advanced training at the postgraduate period of their work; it provides a good basis for the exercise of their duties at a high professional level today.

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ЗАЩИТЕ ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

20 марта 2008 года

г. Москва

Решение ДЕТИ И МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ: ПОД УГРОЗОЙ ЗДОРОВЬЕ БУДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Настоящее Решение Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений по итогам заседания 20 марта 2008 года и последующего обсуждения

Впервые сложилась ситуация, когда дети и подростки массово подвержены воздействию неблагоприятного для здоровья электромагнитного поля мобильных телефонов.

Электромагнитное поле – важнейший биотропный фактор, определяющий не только здоровье, но и непосредственно процессы высшей нервной деятельности, включая поведение и мышление людей. При использовании мобильного телефона обязательно происходит воздействие электромагнитного поля на головной мозг пользователя.

Несмотря на то, что в Санитарных правилах и нормах рекомендовано ограничение возможности использования мобильных телефонов лицами, не достигшими 18 лет (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, пункт 6.9), дети и подростки стали целевой маркетинговой группой для рынка сотовой связи.

Действующие стандарты безопасности для мобильных телефонов разработаны для взрослых и не учитывают особенности детского организма. Всемирная Организация Здравоохранения относит к наивысшему приоритету защиту здоровья детей от возможного негативного действия электромагнитного поля сотовых телефонов. Эта проблема так же подтверждена Научным комитетом Европейской Комиссии, национальными властями стран Европы и Азии, Международными научными конференциями специалистов по биологическому действию электромагнитного поля.

Потенциальный риск для здоровья детей очень высок:

– поглощение электромагнитной энергии в голове ребенка значительно выше, чем у взрослого (мозговая ткань детей обладает большей проводимостью, меньший размер головы, тонкие кости черепа, меньшее расстояние от антенны до головы и т.д.);

– детский организм обладает большей чувствительностью к электромагнитному полю, чем взрослый;

– мозг детей имеет большую склонность к накоплению неблагоприятных реакций в условиях повторных облучений электромагнитным полем;

– электромагнитное поле влияет на формирование процессов высшей нервной деятельности;

– современные дети пользуются мобильными телефонами с раннего возраста и будут продолжать их использовать взрослыми, поэтому стаж контакта детей с электромагнитными излучениями будет существенно больше, чем у современных взрослых.

По мнению членов Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений у детей, использующих мобильные телефоны, **следует ожидать следующие возможные ближайшие расстройства:** ослабление памяти, снижение внимания, снижение умственных и познавательных способностей, раздражительность,

нарушение сна, склонность к стрессорным реакциям, повышение эпилептической готовности.

Ожидаемые (возможные) отдаленные последствия: опухоли мозга, слухового и вестибулярных нервов (в возрасте 25-30 лет), болезнь Альцгеймера, "приобретенное слабоумие", депрессивный синдром и другие проявления дегенерации нервных структур головного мозга (в возрасте 50-60 лет).

Члены Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений подчеркивают особую актуальность проблемы ухудшения здоровья детей от действия электромагнитного поля мобильной связи, призывают органы государственной власти, все общество обратить внимание на надвигающую угрозу и принять меры по предупреждению негативных последствий для здоровья будущих поколений.

Дети, используя мобильный телефон, не в состоянии осознавать, что подвергают свой мозг воздействию электромагнитного поля, а здоровье – риску. И этот риск ничуть не меньше, чем риск для здоровья ребенка от табака или алкоголя. Наш долг, не позволить бездействием нанести ущерб здоровью детей – будущего страны.

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ЗАЩИТЕ ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

19 марта 2011 года

г. Москва

Решение ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ: ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ

Настоящее решение принято членами Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) по итогам обсуждения вопроса на заседании 3 марта 2011 года и развивает научные положения, принятые РНКЗНИ в 2001, 2004, 2007, 2008 и 2009 годах с учетом современного представления и актуальных научных данных. Решение представляет собой точку зрения профессионального научного сообщества и предназначена для общественного использования, для потребителей услуг подвижной радиосвязи, а также органов законодательной и исполнительной власти, формирующих и реализующих политику в области здравоохранения, экологии, связи, науки и безопасности.

Массовое распространение подвижной радиосвязи начиная с 2000 года реально создало принципиально новые условия массового воздействия радиочастотного электромагнитного поля в СВЧ-диапазоне на население. Сотовая связь в настоящее время доминирует по числу жителей страны, являющихся потребителями услуг подвижной радиосвязи.

На конец 2010 года число абонентов сотовой связи (по числу sim-карт) в России составляет около 219,3 млн человек [1]. Показатель проникновения услуг сотовой связи (количество sim-карт на 100 жителей) в России в это время составил около 150%, а в московском регионе превысил 200%. По данным Росстата, по состоянию на конец 2010 года в России проживает примерно 15 миллионов детей и подростков в возрасте от 5 до 19 лет [2]. Все они являются целевой маркетинговой группой для компаний, предоставляющих услуги беспроводной радиосвязи, для поставщиков мобильных телефонов и других абонентских терминалов.

Предупреждение заболеваемости детей и подростков в условиях контакта с источниками электромагнитного поля имеет важное социальное и экономическое значение, является основой для обеспечения здоровья нации в ближайшем и отдаленном будущем. Эта проблема признана международным сообществом: в мае 2011 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) проводит специальную уже вторую конференцию “Дети и неионизирующие излучения”, которая посвящена охране здоровья детей при контакте с источниками ЭМП различных частотных диапазонов. Мнение ВОЗ: «Ребенок более уязвим к факторам внешней среды» [3]. ВОЗ считает, что исследования, направленные на выявление потенциального вреда ЭМП для здоровья детей, имеют наивысший приоритет.

Правительства и общественные организации всех технологически развитых стран стремятся обеспечить защиту здоровья детей законодательными и экономическими методами, проводят специальные исследования по оценке влияния ЭМП [4]. В документах Европейского Союза отмечена недостаточность современной научной базы, на

несоответствие существующих стандартов безопасности реальным условиям воздействия ЭМП на население, сформулированы требования к применению предупредительного принципа [5].

Население России в определенной мере осознает потенциальную опасность ЭМП подвижной радиосвязи. Согласно данным социологического опроса ВЦИОМ, проведенного в 2010 году, “суммарная доля тех, кто согласен, что сотовый телефон может негативно влиять на здоровье, составляет 73%” [6].

РНКЗНИ, начиная с 2001 года, рассматривал проблему возможного влияния ЭМП оборудования подвижной радиосвязи на детей, выражая крайнюю озабоченность возможными неблагоприятными последствиями для их здоровья [7,8,9]. Эта позиция Комитета учтена в действующих в настоящее время в Российской Федерации обязательных санитарных правилах СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи", пункт 6.9 [10].

ПРОГНОЗ РНКЗНИ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ

В апреле 2008 года РНКЗНИ сформулировал прогноз ближайших и отдаленных последствий для детей, использующих мобильные радиотелефоны. Прогнозировалось, в частности, возможное снижение умственных и познавательных способностей, повышение эпилептической готовности, “приобретенное слабоумие”, проявление дегенерации нервных структур головного мозга [11]. Результаты клинических исследований свидетельствуют, что хроническое воздействие ЭМИ СВЧ диапазона может приводить к пограничным психосоматическим расстройствам [12,13,14,15,16]. В 2010 году опубликован ряд статей в российских и зарубежных журналах подтверждающих, что в реакции ЭМП радиочастотного диапазона задействована иммунная система [17,18].

К сожалению, опубликованные в 2009-2010 годах Росстатом и ЮНИСЕФ данные статистики свидетельствуют, что, начиная с 2000 года, имеется устойчивый рост заболеваемости детей по диагнозам, отраженным в прогнозе РНКЗНИ как «возможные» [19, 20]. Особенно обращает на себя внимание рост заболеваемости в группе молодежи в возрасте 15-19 лет (с высокой степенью вероятности большинство из них являются пользователями мобильной радиосвязи со стажем). По отношению к 2000 году на 85% выросло число заболеваний центральной нервной системы у подростков 15-17 лет, на 36% возросло количество случаев диагноза “эпилепсия, эпилептический статус”, на 11% выросло число случаев констатации “легкой умственной отсталости”, на 82% выросло количество заболеваний крови и нарушений иммунного статуса. В детской группе до 14 лет рост числа заболеваний крови и нарушений иммунного статуса составляет 64%, а нервной системы 58%. Число больных в возрасте 15-17 лет, которым оказывается консультативно-лечебная помощь в связи с болезнями центральной нервной системы, выросло на 72%.

В связи с этим, РНКЗНИ считает, что в настоящее время является крайне актуальным научное исследование, которое даст ответ на вопрос: является ли достоверный рост заболеваний выполнением прогноза 2008 года по влиянию ЭМП подвижной радиосвязи на здоровье детей или рост заболеваний обусловлен иными причинами?

РНКЗНИ считает необходимым учитывать при оценки опасности для здоровья детей - пользователей мобильными телефонами результаты эпидемиологических исследований, исследований на добровольцах, результаты экспериментальных работ по биологическому влиянию ЭМП РЧ малой интенсивности. Опубликованные данные длительного многолетнего

исследования группы шведских ученых указывают на особенно значительное увеличение риска раковых заболеваний у лиц, начавших пользоваться средствами подвижной радиосвязи до 20 лет [21,22,23]. Среди ряда возможных причин повышенной чувствительности детей к электромагнитному облучению СВЧ-диапазона является повышенное содержание в органах детей так называемых стволовых клеток, которые наиболее подвержены воздействию ЭМП СВЧ [24]. Данные о возможном нарушении гематоэнцефалического барьера, об изменении биоэлектрической активности мозга, о структурных нарушениях в нейронах мозга в условиях действия ЭМП так же требуют учета при оценке безопасности подвижной радиосвязи [25,26, 27].

Мозг человека, ткани нервной системы непосредственно воспринимают электромагнитное поле и реагируют на его воздействие вне зависимости от величины ЭМП, а в ряде случаев зависит и от модуляции ЭМП. Эта особенность отличает электромагнитное поле от всех других факторов окружающей среды и делает особенно сложным прогноз влияния ЭМП на здоровье.

БАЗОВЫЕ ПОСТУЛАТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЭМП ДЛЯ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ

Анализ научных данных, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, а также реальных условий постоянного воздействия ЭМП на население, позволил РНКЗНИ сформулировать базовые постулаты, которые служат безусловным основанием оценки опасности ЭМП для детей и молодежи, использующих все виды современных мобильных телефонов, вне зависимости от стандарта связи. Эти постулаты достаточны для разработки и принятия неотложных дополнительных профилактических мер.

1. Впервые в эволюции головной мозг человека на стадии развития от ребенка до взрослого подвергается ежедневному воздействию модулированного электромагнитного поля СВЧ диапазона.

2. Головной мозг ребенка поглощает электромагнитной энергии больше, чем мозг взрослого пользователя мобильным телефоном, у ребенка воздействию подвергается большее количество отделов мозга, в том числе ответственных за его умственное развитие.

3. Головной мозг ребенка находится в стадии развития, становления мыслительных функций и более уязвим к воздействию вредных факторов внешней среды, чем мозг взрослого.

4. Мобильный телефон является источником электромагнитного поля, которое относится к вредным и опасным для здоровья факторам. Воздействие ЭМП мобильного телефона происходит в неконтролируемых условиях, без ограничения по продолжительности, времени и периодичности использования. Мобильный телефон является неконтролируемым источником вредного излучения.

5. Ребенок, в силу возрастных особенностей восприятия, не может расценивать мобильный телефон как источник вредного электромагнитного поля.

6. Существующие базовые гигиенические нормативы электромагнитного поля радиочастотного диапазона разработаны до распространения подвижной радиосвязи и не учитывают современные условия ежедневного облучения головного мозга электромагнитным полем ближней зоны антенны мобильного телефона. Отсутствуют научные данные о возможных биоэффектах при многолетнем воздействии ЭМП на мозг пользователя, включая детей.

7. Действующий в России СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 “Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи” рекомендует

ограничивать использование мобильных телефонов детьми и подростками (пункт 6.9). Однако потребители услуг подвижной радиосвязи не информированы о необходимости разумного ограничения в использовании мобильных телефонов.

8. Декларирование безопасности мобильного телефона в “Руководстве пользователю”, как правило, производится на основе рекомендательных норм общественной организации, зарегистрированной вне территории России, которая не несет юридической и моральной ответственности за возможные последствия для здоровья. Эти рекомендации устарели и не соответствуют реальным условиям облучения ЭМП пользователей мобильной связью.

9. Используемое при декларировании безопасности мобильных телефонов значение мощности поглощенной дозы неионизирующего излучения (англ. Specific energy Absorption Rate, SAR) равное 2 Вт/кг с усреднением по десяти граммам ткани, по мнению РНКЗНИ не являются в данном случае достаточно научно обоснованным значением, его использование не гарантирует сохранение здоровья детей и подростков.

10. Глобальное изменение электромагнитного фона, вызванное развитием современных средств передачи информации, является фактором эволюционного значения, требующим от всех современных детей, подростков и молодежи усилий по адаптации организма к вредному фактору окружающей среды.

Таким образом, впервые за всю историю человечества, дети, использующие мобильную связь, наряду со взрослым населением входят в группу риска здоровью от воздействия вредного электромагнитного поля радиочастотного диапазона. Создана ситуация когда дети могут получать равную со взрослыми совокупную электромагнитную энергетическую нагрузку, причем такую, которая может быть равна получаемой в условиях работы с вредными и опасными производственными факторами (условия профессионального облучения). В тоже время общество со всеми административными и социальными структурами находится в режиме ожидания.

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ

Учитывая изложенное, руководствуясь принципами предупредительного подхода, рекомендованного Всемирной организацией здравоохранения, РНКЗНИ считает, что поскольку дети не в состоянии осознавать опасность использования мобильных телефонов, а сам мобильный телефон относится к неконтролируемым источникам опасного для здоровья излучения, необходимо принять срочные действия, которые могут быть реально реализованы.

1. Информация о том, что мобильный телефон является источником электромагнитного поля радиочастотного диапазона должна быть ясно и четко нанесена на корпус мобильного телефона (любого абонентского терминала подвижной радиосвязи).

2. В “Руководство пользователю” должна быть внесена информация, что о том, что мобильный телефон (устройство персональной коммуникации, использующее беспроводный электромагнитный способ связи и т.п.) является источником вредного фактора - ЭМП радиочастотного диапазона. Поэтому использование мобильного телефона детьми и подростками в возрасте до 18 лет не рекомендовано СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, а использование мобильного телефона требует соблюдения мер предосторожности в целях предупреждения увеличения риска развития заболеваний. Использование мобильного телефона также не рекомендовано беременным для предупреждения риска ребенку на стадии внутриутробного развития.

3. Наиболее доступный способ снижения электромагнитного воздействия - удаление на время разговора мобильного телефона от головы и использование телефонной гарнитуры (защита расстоянием). Сокращение общей продолжительности использования мобильного телефона также является способом снижения электромагнитного воздействия (защита временем).

4. РНКЗНИ считает оправданным разработку мобильных телефонов с функциями снижения уровня воздействия ЭМП - с телефонной гарнитурой, с ограниченными функциями, с ограничением количества разрешенных номеров, с возможностью принудительного ограничения продолжительности разговора.

5. В программу школьного предмета по безопасной жизнедеятельности человека необходимо внести раздел гигиены при использовании устройств подвижной радиосвязи, использующих при работе электромагнитное поле.

6. Целесообразно установить ограничения на стимулирование детей и подростков к использованию подвижной радиосвязи, в том числе установить запрет на все виды рекламы подвижной радиосвязи и мобильных телефонов для детей (подростков) и с их участием.

7. РНКЗНИ готов содействовать средствам массовой информации в проведении информационно-просветительской работы, образовательной деятельности по тематике биологических эффектов электромагнитного поля, гигиене неионизирующих излучений, в частности представлять информацию о новейших исследованиях влияния ЭМП мобильных телефонов на здоровье людей и мерах по предупреждению отрицательного воздействия этого физического фактора.

8. В ближайшей перспективе необходимо изменение принципов установления критериев безопасности для детей и подростков, учитывающие особенности развивающегося организма, значение биоэлектрических процессов для жизни и деятельности человека, современные и будущие условия облучения ЭМП, перспективы технологического и технического развития, которые должны быть реализованы в документе, имеющим обязательный юридический статус.

9. Разработать национальную программу с финансовой поддержкой по изучению возможных неблагоприятных влияний ЭМП на развивающийся мозг в условиях длительного воздействия.

Список цитированной литературы

1. Консалтинговая компания AC&M Consulting <http://www.acm-consulting.com/news-and-data/market-news.html>).
2. Демографический ежегодник России. 2010, Стат. сб./ Росстат. – М., 2010. 525 с.
3. WHO, Backgrounder № 3, April 2003
4. Fragopoulou A., Grigoriev Y., Johansson O. et al. Scientific Panel on Electromagnetic Field Health Risks: Consensus Points, Recommendations, and Rationales.// REVIEWS ON ENVIRONMENTAL HEALTH VOLUME 2010, 25, No. 4.
5. Резолюция Европарламента, 02.04. 2009, п. 2
6. Исследование мнение населения об электромагнитном излучении и стандартах сотовой связи. Аналитический отчет по данным Всероссийского опроса ВЦИОМ (Омнибус), 56 с. Москва, 2010.
7. Сотовая связь и здоровье детей. Меморандум международной конференции “Сотовая связь и здоровье”, Москва 20-22 сентября 2004 года - в сб. Ежегодник

- Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2004-2005, М. 2006 с. 70
8. Сотовая связь и отдаленные эффекты. Мнение Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (февраль 2007) - в сб. Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. М. 2007, с. 194
 9. Лукьянова С.Н., Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Зависимость биоэффектов электромагнитного поля радиочастотного диапазона нетепловой интенсивности от типологических особенностей электроэнцефалограммы человека. Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50. № 6.
 10. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2003. 27 с.
 11. Дети и мобильные телефоны: под угрозой здоровье будущих поколений - в сб. Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. М. 2008, с. 116-117
 12. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей и подростков (Ситуация, требующая принятия неотложных мер). Радиационная медицина. Радиоэкология. 2005, т.45, №4, с. 442-450.
 13. Яхнин К.К., Н.Х.Амиров Выявление пограничных нервно-психических расстройств у лиц, подвергающихся воздействию физических факторов производственной среды. /Мед. Труда и промышленная экология, №7,1994-С. 8-11.
 14. Руководство по социальной психиатрии /Под ред.Т.Б. Дмитриевой. М: Медицина 2001.с.. 458
 15. Парцерняк С.А. Стресс, вегетозы, психосоматика. СПб. А.Б.К., 2002. с.384 .
 16. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Основные научные итоги международной конференции "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты". В сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004-2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛНА, 2006. – С. 66-69
 17. Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. Bioelectromagnetics. 2010. Vol. 31, № 8 , p. 589-602.
 18. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента): Сообщение 1. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов. Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50. № 1, с.5 - 11
 19. Дети в России. 2009: Стат. сб./ЮНИСЕФ, Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2009. – 121 с.
 20. Молодежь в России. 2010: Стат. сб./ЮНИСЕФ, Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2010. – 166 с.
 21. Hardel L. Brain tumor studies. //Int. conference “EMF and Health – A Global Issue”, London, Sep. 8-9, 2008.

22. Hardell L., Carlberg M., Hansson M. Mobile phone use and the risk for malignant brain tumors: a case-control study on deceased cases and controls.// *Neuroepidemiology*, 2010, 35, (2), p.109-14.
23. Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F. et al. Time trends in brain tumor incidence rates in Denmark, Finland, Norway, and Sweden, 1974-2003. // *Journal of the National Cancer Institute*, 2010, 102(10), p.740-743
24. Markova E, Malmgren L, Belyaev I. GSM/UMTS microwaves inhibit 53BP1 DNA repair foci in human stem cells stronger than in differentiated cells: mechanistic link to possible cancer risk.// *Envir. Health Perspect* 2010, 118(3):394-399.
25. Salford L., Nittby H., Brun A. et al. Effects of microwave radiation upon the mammalian blood-brain barrier. //In.: ICEMS Monograph "Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. Bologna, Italy, 2010, 423 p.
26. Лукьянова С.Н. Феноменология и генез изменений в суммарной биоэлектрической активности головного мозга на электромагнитное излучение. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2002, т. 42, №3. С. 308-314.
27. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Мобильная связь и здоровье населения: оценка опасности, социальные и этические проблемы. Тезисы докладов VI съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). 25–28 октября 2010 г. – М., 2010. – Т.1.С. 6

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ЗАЩИТЕ ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Российский национальный Комитет по защите от неионизирующего излучения (РНКЗНИ) был образован при Российской Научной Комиссии по радиационной защите при Российской Академии медицинских наук в декабре 1999 год.

Основными целями Комитета являются разработка концепции по обеспечению комплексного решения проблем защиты от неионизирующих излучений населения России и биосистем окружающей среды.

Комитет сформирован из ученых и специалистов высшей квалификации в области обеспечения безопасности человека и биобъектов окружающей среды от неионизирующих излучений. Члены Комитета представляют крупные научные центры, институты Министерства здравоохранения и социального развития РФ, Академии наук и Академии медицинских наук России, Министерства обороны РФ

РНКЗНИ является уже на протяжении ряда лет является единственным постоянно действующим научным форумом, объединивших наиболее крупных специалистов радиобиологов, гигиенистов, физиков и других специальностей в области биологического действия неионизирующих излучений. Каждое заседание Комитета – это встреча профильных специалистов, возможность всестороннего обсуждения практически любой проблемы по нормированию и биологическому действию неионизирующего излучения, возможность поддерживать и расширять научные и личные контакты.

Уже на протяжении десяти лет Комитет уделяет большое внимание оценке опасности для населения ЭМП различных элементов мобильной связи, разработке соответствующих нормативов, профилактическим мероприятиям, подготовке информационных материалов для населения, обращая особое внимание на детский контингент. Было принято три решения о необходимости ограничения пользоваться сотовыми телефонами детьми и подростками (2001, 2004, 2008, 2009, 2011 гг.). Точка зрения Комитета по этому вопросу нашла отражения в отечественных Санитарных нормах и международных публикациях.

Члены Комитета активно участвуют в работе Консультативного Комитета ВОЗ в рамках Международной программы «ЭМП и здоровье», во многих международных научных форумах, ведут научную переписку со многими зарубежными учеными и научными организациями, пропагандируя и отстаивая отечественную методологию нормирования ЭМП РФ и концепцию электромагнитной безопасности населения России. Многочисленные дискуссии о гармонизации стандартов ЭМП, привели к принятию Комитетом двух решений о невозможности отказа от российских нормативов и принятию зарубежных стандартов, отличающихся по ПДУ до двух порядков, прежде всего, в связи с различными методологическими подходами к определению ПДУ.

По инициативе Комитета и при непосредственном его участии были организованы и проведены шесть международных конференции в Москве и Санкт-Петербурге с участием ведущих ученых стран Европы и США.

Систематически члены Комитета получают информацию о работе международных организаций, о последних публикациях за рубежом, о различных точках зрения ведущих зарубежных ученых на проблему опасности ЭМП для населения.

Члены Комитета имеют постоянный контакт со СМИ. Периодически готовятся информационные справки для СМИ по проблеме электромагнитной безопасности населения, осуществляются личные контакты с работниками телевизионных программ, радио, газет и популярных журналов, были организованы и проведены несколько пресс-конференций.

В настоящее время перед членами Комитета стоят задачи, которые требуют неотложного решения. Это, прежде всего, необходимо оценить степень опасности воздействия ЭМП сотового телефона на головной мозг пользователя. При этом, следует учитывать, что впервые за всю цивилизацию дети попали в группу риска. В качестве критерия должны оцениваться как ближайшие биоэффекты, так и соматические отдаленные эффекты. Мы имеем в виду, прежде всего, выраженные нарушения деятельности мозга, а также возможность развитие опухолевого процесса. Интенсивное развитие мобильной связи не дало возможность накопить достаточное количество базовых и адекватных научных данных для разработки соответствующих нормативов с учетом резкого изменения характера и направленности воздействия ЭМП сотового телефона на организм пользователя. Создание нормативной базы для этих условий воздействия ЭМП остается важной задачей.

Нет ясности о методологии оценки опасности круглосуточного постоянного воздействия на все группы населения ЭМП базовых станций, отсутствуют предложения о возможных подходах к нормированию этого вида воздействия. В этой связи остаются актуальными определение механизма биологического действия ЭМП РЧ малых интенсивностей, установление наличия или отсутствие кумулятивного эффекта при длительном воздействии ЭМП РЧ. Как единое целое, с этой проблемой связано очень важные направления исследований, относящиеся к оценке одновременного биологического действия нескольких несущих ЭМП, имеющих различные частоты, а так же определение степени влияния на биологический эффект различных видов модуляций ЭМП РЧ.

Члены Комитета уверены в успешном решении в ближайшем будущем неотложных задач по обеспечению электромагнитной безопасности населения, в преодолении трудностей, стоящих на этом пути.

