

**ЕЖЕГОДНИК 2007**

**Российского Национального  
Комитета по защите от  
неионизирующих излучений**

---

**ANNUAL BOOK - 2007**

**Russian National Committee on  
Non-Ionizing Radiation Protection**

**Москва 2007**

**ББК 28.071; 32.86-01**  
**Е 36**

**ISBN 5-9900350-2-0**

Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений за 2007 // Сборник трудов. М.: Изд-во АЛЛАНА, 2007. — 218 с.

Четвертое издание Ежегодника Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) включает статьи, подготовленные на основании материалов научно-исследовательских работ, выполненных с участием членов РНКЗНИ в 2006-7 годах.

Представлен взгляд российских ученых на наиболее актуальные в настоящее время проблемы обеспечения безопасности человека в условиях биологического действия электромагнитного поля. Особое внимание уделено вопросам социальной коммуникации при оценке риска действия ЭМП и вопросам гигиенического нормирования ЭМП, в том числе в условиях космического полета и в условиях экранированных сооружений. Представлены два концептуальных взгляда на оценку эффектов биологического действия ЭМП. Члены РНКЗНИ не оставляют без внимания вопрос гигиенической оценки ЭМП подвижной радиосвязи, чему посвящена специальная статья и особое решение РНКЗНИ.

Издание выпускается согласно решению РНКЗНИ от 18 декабря 2002 г.

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: **Центр Электромагнитной Безопасности**, +7(499)193-0187, [www.tesla.ru](http://www.tesla.ru), [cems@mail.ru](mailto:cems@mail.ru).
- 
- Дизайн обложки: **Антон Меркулов**

© Авторы статей, 2007

© Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2007

## **ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ / CENTRE FOR ELECTROMAGNETIC SAFETY TESTING LABORATORY**

Испытательная лаборатория Центра электромагнитной безопасности, аккредитованная в Системе аккредитации лабораторий государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации (аттестат аккредитации № ГСЭН.RU.ЦОА.213), предлагает:

- Научно-исследовательские работы в области радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений
- Санитарно-эпидемиологические исследования электромагнитной обстановки в диапазоне частот 0-40 ГГц на территориях и в помещениях зданий и сооружений в целях последующей санитарно-эпидемиологической и/или экологической оценки, в т.ч. в местах размещения воздушных линий электропередачи и других объектов системы производства, передачи и распределения электроэнергии, передающих радиотехнических объектов (телевизионных и радиовещательных станций, базовых станций системы подвижной радиосвязи, радиолокационные станции и т.п.). Экспертиза проектной документации
- Санитарно-эпидемиологические исследования электромагнитной и аэроионной обстановки на постоянных рабочих местах персонала в различных отраслях промышленности. Выбор средств и методов нормализации электромагнитной и аэроионной обстановки
- Санитарно-эпидемиологические испытания товаров народного потребления (электромагнитное поле в диапазоне частот 0-40 ГГц) при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы в рамках процедуры получения санитарно-эпидемиологического заключения на продукцию
- Экспертиза средств защиты от биологического действия электромагнитного поля

Testing Laboratory of the Center for Electromagnetic Safety (CEMS) accredited with compliance to the requirements of ISO/IEC 17025 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories" standard (the Certificate GSEN.RU.TsOA.213 of accreditation in Laboratories' accreditation System of the State sanitary-and-epidemiologic service of the Russian Federation) offers:

- Research activities in the area of EMF radiobiology and hygiene
- The independent hygienic and ecological expertise of the electromagnetic situation near different facilities, including mobile communication base stations, TV and radio transmitters, radars, transformation substations, electric power lines and other facilities in the frequency range 0-40 GHz
- Instrumental monitoring of electromagnetic and air ion situation
- Comprehensive instrumental monitoring of physical factors at workplaces, development of reference and information materials, personnel training on occupational safety rules and on occupational hygiene
- Development and implementation of technical and organizational measures to protect from EMF biological effects
- Expertise of efficiency of EMF protection means

---

Россия, 123182, г. Москва,  
ул. Живописная, д. 46  
Телефон/факс: +7 (499) 193-0187  
Электронная почта: CEMS@mail.ru

46, Zhivopisnaya Street,  
123182, Moscow, Russia  
Tel./fax: +7 (499) 193-0187  
E-mail: CEMS@mail.ru

**<http://www.tesla.ru>**



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Техногенные риски: социально-психологические аспекты</b> <i>Давыдов Б.И., Ушаков И.Б.</i>	6
<b>Человек и ЭМП в космическом полете</b> <i>Труханов К.А.</i>	30
<b>Резервы организма, ускоренное старение и сокращение продолжительности жизни человека в условиях длительного действия ЭМП РЧ нетепловых интенсивностей, а также ряда других стрессорных факторов (к вопросам нормирования электромагнитных излучений)</b> <i>А.В. Шафиркин<sup>1</sup>, А.Л. Васин<sup>2</sup></i>	49
<b>Гигиенические исследования условий труда и состояния здоровья операторов, выполняющих работу в экранированных помещениях.</b> <i>Никитина В.Н., Фоминич Э.Н, Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Тимохова Г.Н., Петикин Д.А., Плеханов В.П.</i>	86
<b>Пути совершенствования методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой радиосвязи</b> <i>Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А.</i>	99
<b>Метронидазол – протектор живых клеток при воздействии КВЧ излучения</b> <i>Кузнецов П.Е., Малинина Ю.А., Попыхова Э.Б., Сомов А.Ю.</i>	106
<b>Электромагнитная кумуляция-декумуляция в процессе самоорганизации и деградации организма (Экспериментальные исследования биорадиоинформативной технологии)</b> <i>Чубий А.Д., Жуков В.О.</i>	114

**Анализ влияния электромагнитных полей промышленной частоты на биохимический состав почвы в зоне прохождения высоковольтной ЛЭП** 137  
*Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сарокваша О.Ю., Сподобаев Ю.М.*

**Оценка генотоксических эффектов и эффективности репарации ДНК при воздействии факторов электромагнитной природы** 151  
*Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Коломиец И.А., Андреев С.С., Сафонова Е.В., Дерябина Л.В., Полевик Н.Д., Аклеев А.В.*

**Состояние пула кроветворных стволовых клеток у мышей при воздействии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой** 161  
*Пряхин Е.А., Полевик Н.Д., Тряпицына Г.А., Коломиец И.А., Андреев С.С., Сафонова Е.В., Белоногова С.П., Аклеев А.В.*

## **Приложения**

Публикации Членов РНКЗНИ за 2004-2007 г.г. 172

Меморандум международной конференции 200

Электромагнитное поле сотовой связи и отдаленные эффекты для здоровья. Мнение Российского национального комитета по защите от неионизирующего излучения (Февраль 2007) 202

# ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ: СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

*Давыдов Б.И., Ушаков И.Б.*

*Государственный научно-исследовательский испытательный институт  
военной медицины*

Мы столь радикально изменили нашу среду,  
что теперь для того, чтобы существовать  
в этой среде мы должны изменить себя  
(Норберт Винер)

Проблема техноприродных и техногенных рисков требует решения многих задач по медико-психологическим, научно-техническим социально-экономическим и правовым аспектам обеспечения безопасности персонала и населения. Рассматриваемая нами проблема многократно обсуждалась в научной (ВОЗ, ICRP, ICNIRP, SIGRE, НКДАР ООН; журналах: «Risk Research», «Health Physics», «Вопросы анализа», «Управления риском»; в работах: Альгин, 1989; Вирт, 1992; Большаков и др., 1999; Кара-Мурза, 2000; Repacholi, 2003; Ушаков 2000, 2003; Обухова и др., 2003; Давыдов и Ушаков, 2005) и даже в околонуучной литературе (Sigler, 1965; Brouder, 1977; Milham, 1982; Электронный..., 2001). Эта проблема возникла, прежде всего, в атомной энергетике (особенно после Чернобыльских событий), а в определенные периоды возникала как пара-проблема и в технологиях, эмитирующих электромагнитные излучения. Парадигма «взаимодействия» человека, общества с любым техногенным фактором практически одинаковая, будь-то, ионизирующие или неионизирующие излучение.

Внедрение новых технологий зависит во многом от такого ключевого элемента взаимодействия общества и промышленности, как восприятие человеком техногенных и экологических рисков. Эта проблема осложняется социально-экономическими противоречиями в системе: «производство (донор риска) – человек (реципиент риска) – ущерб – цена ущерба – социальный и политический отклик». Существуют три возможных причины допущения риска: отсутствие технических и биологических механизмов приспособления к опасности; маловероятное возникновение опасности; дорогостоящая защита от опасности. Последний вариант допущения риска базируется на принципе «вред–стоимость».

Большинство специалистов, работающих в области техногенных рисков, признают факт их неустранимости. Сегодня изучение феномена риска стало составным элементом бизнеса. Впервые серьезные исследования, приведшие к оценке риска опасных производств, были проведены после катастрофы на газохранилище в Кливленде (США) в 1944 году. Ка-

тастрофы в Фликсборо (Великобритания, 1974 г.), Бхопале (Индия, 1984 г.), Чернобыле (СССР, 1986 г.), на Пайпер Альфа (Северное море, 1988 г.) стимулировали исследования по управлению риском (Stolwijk, Canny, 1991; Renn, 1998; Роик, 2003).

В США создана «система анализа и система менеджмента» риска (Альгин, 1989), и это вполне логично, поскольку оценка риска принятия решения является важной составляющей психологии управления. Производственные факторы среды действуют в условиях системы «человек–машина», при которых интенциональный компонент (потребности, мотивы, эмоции, воля) играет важную роль в операторской деятельности и субъективной оценке своего состояния.

Как считают ведущие менеджеры РАО «ЕЭС России» В.К.Паули, О.В.Бритвин (1999) в ««обойму “ управленческих средств, методов ... обязательно должна войти и ‘психология управления’, что всегда подразумевает риск принятия решения». Но на внутренние, управленческие риски накладываются и риски связанные с внешними воздействиями, в частности, рядом физических и химических рисков, влияющих не только на соматическое здоровье управленческого персонала, но и на психологию его поведения по отношению к этим рискам. Таким образом, эти факторы являются помеховыми компонентами в общей системе управления промышленными, финансовыми и государственными структурами. Не учитывать этого – значит исключить из «Системы управления» важный элемент: адекватность восприятия персоналом техногенных (и не техногенных) рисков.

Широкое распространение неврологических, нервно-психических и психосоматических заболеваний, приобретающих иногда характер эпидемии, связано с усилением страха перед техногенными, экологическими и террористическими рисками. Эти заболевания как закономерный синдром неблагополучного общества возрастают в периоды социальной и политической нестабильности, не только внутри страны, но и в глобальном аспекте. Сейчас на первое место вышла фобия «глобального потепления» (хотя в этой проблеме не все так однозначно). Чем не примеры фобий, навязанных СМИ?

При сравнении вклада различных факторов в заболеваемость выявлено, что в наибольшей степени состояние здоровья и работоспособность человека зависят от образа жизни и в наименьшей – от здравоохранения. Правда, в последние годы цифры меняются в сторону увеличения доли здравоохранения. В развитии некоторых хронических заболеваний роль некоторых техногенных факторов среды часто преувеличивают.

Психология оценки вреда здоровью во многом зависит от неопределенности критериев связанных с человеческим фактором. В 30-х годах было проведено исследование (Brenkwin, цит по: Власов, 1988): Трем



группам врачей последовательно, предлагалось установить диагноз,— необходимость тонзилоэктомии,— у 215-ти детей: 1-я группа врачей дала положительное заключение по 99 детям, 2-я группа из оставшихся детей выделила еще 51-го ребенка и т.д, хотя предложенные для заключения дети были абсолютно здоровые. Установка на определенный диагноз дает повышенное значение ложных диагнозов. Видят то, что хотят видеть (Сравним: “прогноз роста инфляции немедленно ускоряет этот рост” — мнение Нобелевского лауреата по экономике Роберта Лукаса). Этот клинический пример говорит и о неопределенности критериев, используемых в клинической медицине. Но применительно к эффектам малых доз ионизирующих и не ионизирующих излучений неопределенность критериев оценки здоровья особенно характерна.

Социально- и психологически неправильная, извращенная установка на риск отчасти формируется ошибочными или некорректными представлениями общества о сути факторов, а также навязчивой и ложной пропагандой в СМИ с акцентом на такие заболевания как рак, сокращение продолжительности жизни, влияние на потомство, генетические последствия, нарушение психики. События после Чернобыля тому подтверждение. Катастрофа на ЧАЭС породила ряд серьезных, преимущественно не радиационных психоневрологических проблем (Гуськова, 2000).

Следствием неадекватного восприятия риска, особенно связанного с такими факторами производственной и экологической среды как ионизирующая и неионизирующая радиация, являются фобии, как правило, не содержащие реальной угрозы и появляющиеся только в определенных ситуациях (Гримак, 1991). В частности, радиофобия впервые получила распространение после аварий на АЭС в США и Англии.

Радиофобия – это не только страх перед ионизирующим излучением, но и боязнь электромагнитных, магнитных и электрических полей (Bosnjakovic, 1983; Osepchuk, 1989; Repacholi, 2003). Она во многом обусловлена сложностью биологической оценки воздействия ионизирующих и неионизирующих излучений в малых дозах (идет постоянный спор особенно по механизмам реализации эффектов электромагнитных излучений; см. например, Бинги, 2004)

Фобии возникают у отдельных ярко выраженных неврастеников, а «возвращаются» в людские массы часто паникой. В 1987 г. в США более 24 млн. человек страдали различными фобиями. После 11 сентября страх перед террором стал постоянным спутником американцев. Экологические и другие проблемы, связанные с техногенными факторами, ушли на второй план. Всё познается в сравнении. Мы всегда считали важным проблему сравнительности риска и на этой основе формулировать парадигму нормирования ионизирующих и неионизирующих излучений (Давыдов и др, 1984; Давыдов, 1985; Ушаков, 2003; Давыдов и Ушаков, 2005).

Врачи насчитывают около 250 видов фобий. Обнаружены весьма экзотические фобии. Исследователи в Кембридже (Великобритания) обнаружили фобию к денежным купюрам: у 50% населения при столкновении с деньгами начинает сильно колотиться сердце, 15 – чувствуют усталость, 12 – общее болезненное состояние, 11 – головокружение. От такой фобии страдает в Великобритании 9 млн. человек. Она распространена среди женщин и молодых людей (Коммерсант-Деньги, 2003, 3–9 февраля). В ряде наблюдений делаются утверждения, что значительная часть городских жителей выходцы из деревни, и именно они являются носителями иррациональных страхов. Они наиболее активно посещают церкви, мечети и другие культовые храмы, подвержены «новым» религиям и идеологиям. Может быть, и прав Франклин Делано Рузвельт, заявив однажды, что нужно перестать бояться всего, кроме страха.

Проблема восприятия техногенных рисков в настоящее время является важным компонентом анализа взаимодействия человека со средой его обитания. Приемлемость обществом любого риска основывается на том, что на одну чашу весов ставится величина его психологического и соматического воздействия, а на другую - ожидаемые выгоды от технологий, порождающих эти риски.

Риск характеризуется вероятностью его возникновения, последствиями и социально-медицинской значимостью этих последствий (смертельными случаями, телесными повреждениями, количеством человеко-дней нетрудоспособности, стоимостью экологического ущерба).

Жить в условиях риска, извлекая определенные выгоды, и при этом быть уверенным, что ситуация должным образом контролируется – в высшей степени желательная цель, достичь которую почти нереально.

Как воспринимает отдельный индивидуум тот или иной риск, точно оценить невозможно. Свое отношение к риску не в состоянии проанализировать и сам индивидуум. Иными словами, нет никаких шансов предвидеть поведение конкретного индивидуума, когда он сталкивается с рискованной ситуацией, так как слишком велико количество неизвестных факторов.

Восприятие риска возникает из взаимодействия трех компонентов: ситуации и связанного с ней риска, индивидуума и социальной среды, в которой риск «взаимодействует» с человеком. Восприятие техногенных рисков формируется не только учеными, но и политическими партиями, общественными движениями, профсоюзами, средствами массовой информации, преследующими собственные цели, и просто слухами, поэтому оно часто отличается от объективной реальности. Большую роль в восприятии риска и его трансформации играет сам индивидуум, имеющий свою систему ценностей.

V.T. Covello (1986) выделил следующие ситуации и факторы, влияющие на восприятие риска (представлены адаптированные нами данные этой работы):

- людей больше беспокоит деятельность или ситуации, о которых они не осведомлены;
- человека больше беспокоит риск с неясным механизмом воздействия;
- неоднозначное отношение общества к внедренным нормативам по безопасности малоизвестных обществу технологий усиливает неопределенность восприятия нормируемого риска;
- людей больше беспокоят риски, которым подвергаются они лично или их близкие;
- больше беспокоят риски, которые не могут контролироваться лично;
- меньше беспокоят одиночные риски, возникающие в различных регионах Земли и случайные по времени;
- больше беспокоит человеческая деятельность, характеризовавшаяся в прошлом серьезными авариями;
- больше беспокоит деятельность, которая характеризуется необратимыми вредными эффектами;
- больше беспокоят риски, которым подвергаются дети;
- больше беспокоят риски, в результате которых страдают конкретные люди, а не «статистические жертвы»;
- людей беспокоит несправедливое распределение в обществе рисков и выгод; больше беспокоит деятельность, от которой нет выгоды (или она не ясна), а риск очевиден;
- больше беспокоят те виды рисков, которые привлекают к себе большое внимание средств массовой информации;
- особо воспринимаются риски и связанные с ними фобии, обусловленные неадекватным социально-психологическим поведением большой массы людей (переход от индивидуальной фобии к панике);
- отсутствие доверия к учреждениям, ответственным за технологическую безопасность, усиливает восприятие риска.

Вышеприведенные ситуации в некоторых случаях могут иметь «обратный знак»; например, замечено, что жители вблизи опасных производств воспринимают связанный с ними риск как более низкий, чем проживающие на удаленном расстоянии от этих объектов.

После ядерных и химических аварий, а также в результате деятельности экологических групп и движений население начинает предубежден-

но относиться к любым промышленным проектам. Общие экономические проблемы, как правило, отодвигают экологические проблемы на периферию общественного внимания. Социологический опрос в России и Белоруссии показал, что состоянием окружающей среды при использовании ядерной энергетики обеспокоены лишь 5-10 % населения (Гагаринский, 1998). В Китае респондентам предлагалось сделать выбор между риском и выгодой ее применения: 45% предпочли выгоду и только у 4% риск превалировал над выгодой.

Не представляет исключения и система сотовой подвижной связи: у большинства деятельного населения полезность сотовой связи превалирует над риском. Количество абонентов сотовой связи в России достигло почти 40 млн, а к 2010 году предполагается 60-80 млн. (Сомов, 2004). Однако, до сих пор при размещении базовых станций сотовой связи во всех регионах страны, иногда, возникают конфликты населения с операторами, вызванными опасениями за здоровье. Решения этой проблемы требует системной и корректной информационно-просветительской работы (Сомов, 2004). С этим мнением нельзя не согласиться. Такая работа должна вестись по всем ЭМ-технологиям, а не только по сотовой связи. В ядерной энергетике разъяснительная работа в различных группах населения в России давно ведется, хотя она и менее результативная, чем в таких странах как Франция, Япония и США.

Если техногенные риски объективно установлены, то вопрос об уровне (пределе) их приемлемости остается открытым. Существует различное отношение индивидуума и группы людей к уровню приемлемости рисков. Уровень рискованности при принятии решений группой лиц выше, чем одним человеком (эффект "размывания" ответственности). В идеальном случае уровень приемлемости риска должен соответствовать условию равновесия между риском, пользой и ущербом.

Концепция приемлемого риска подвергается суровой критике, поскольку ее социальный аспект трудно поддается количественной оценке. Одной из посылок для решения этой задачи является измерение «цены» человеческой жизни. К настоящему времени сформулированы следующие концепции (цит. по: Ваганов, 2000):

- оценивание жизни с позиций теории человеческого капитала;
- косвенное оценивание с учетом немонетарных общественных затрат;
- оценивание по готовности физических лиц платить за устранение риска смерти;
- оценивание на основе определения страховых премий и компенсаций по суду;
- оценивание по инвестициям общества, направленным на снижение риска преждевременной смерти отдельного индивидуума.

Расчеты, проведенные экспертами, дают весьма широкий диапазон величин стоимости одной жизни: от 250 тыс. до 15 млн. долларов в ценах 1990 г. (Jones-Lee, 1989). Это базовый показатель цены ущерба здоровью от техногенного фактора. Для ионизирующего излучения были проведены такие расчеты. По данным западных специалистов, «стоимость» облучения человека одним бэром составляет от 250 до 10 тыс. долларов. Отечественные исследователи «приемлемую стоимость» одного бэра в ценах 1990 г. оценили в пределах 200–1000 рублей (Беляев и др., 1992).

Оценить в денежном эквиваленте риск облучения от сотовых телефонов очень сложно, хотя такие попытки делаются. Расчеты, проведенные Сомовым (2004), показали, что ущерб наносимый здоровью человека при воздействии ЭМИ не будет превышать 1,5% от эксплуатационных расходов. Ранее мы также пытались дать денежную оценку удельной поглощенной мощности (SAR) (Давыдов и др., 1984).

При оценке вреда здоровью от техногенных рисков необходимо принимать во внимание социально-экономические особенности страны, поскольку национальный валовой продукт и методология оценки ущерба будут неодинаковыми.

Если образ риска у человека не совпадает с реальной ситуацией, то невольно возникает психологическая дезориентация, приводящая к извращенному восприятию риска.

Так, по данным социологического опроса в США в 1993 году, владельцы автомобилей оценивали свою жизнь (устранение риска смерти в автокатастрофе) в среднем в 300 тыс. долларов, однако специалисты считают, что цена одной спасенной жизни в этой ситуации составляет около 5 млн. долларов (Ваганов, 2000).

По мнению Р.П.Коте (1984) на восприятие риска влияют (с небольшими дополнениями):

- скрытый характер поражения;
- страх, например, перед таким заболеванием, как рак, по сравнению с «привычными» болезнями (простудные заболевания, последствия травм и т.д.);
- одновременное поражение большого числа людей (например, катастрофа самолета, крупные пожары), а не смертельные исходы, распределенные в пространстве и во времени, например, автомобильные аварии с человеческими жертвами;
- малопонятный механизм повреждения организма (например, ионизирующим или электромагнитным излучением при малых величинах воздействия);

- невозможность избежать нежелательного воздействия (употребления продуктов питания, содержащих токсические вещества);
- угроза для детей и будущих поколений (мутагены, тератогены);
- опасные ситуации для собственной личности;
- отсутствие веры в авторитет и компетентность источника информации;
- ситуации, когда социальные и материальные блага не распространяются на тех, кто подвергается риску.

Специалисты, работающие в области радиобиологии и эпидемиологии ионизирующих и неионизирующих излучений, считают, что степень неопределенности полученных результатов пропорциональна уменьшению дозовой нагрузки на исследуемую когорту людей.

Наиболее часто исследователи при эпидемиологической оценке вреда ионизирующих и неионизирующих излучений используют показатель заболеваемости раком. Однако установить причинную связь заболеваемости с любым вредным фактором (токсическим, радиационным, электромагнитным и т.п.), находящимся на уровне порога действия фактора, чрезвычайно трудно.

На корректность выводов оказывают большое влияние такие параметры, как уровень медицинского обслуживания, образ жизни, возраст, национальные особенности питания и т.п. Существует масса внутренних и внешних «шумов» влияющих на результат воздействия на человека техногенного фактора.

Один из директоров Национального управления по радиационной безопасности Великобритании Н.Дунстер (1985), не отрицая возможного вредного воздействия ионизирующего излучения в малых дозах, подчеркивает невероятную сложность доказательства такой связи. Многие специалисты по ядерной безопасности, в том числе и японские ученые из группы по исследованию жертв атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, считают, что боязнь радиации наносит здоровью больше вреда, чем сама радиация.

Для ионизирующего излучения принцип оптимизации риск–выгода был сформулирован следующим образом: уровень риска должен сохраняться на минимальном разумно достижимом уровне с учетом экономических и социальных интересов. Он должен быть приемлем для любого техногенного воздействия.

Вводимый принцип «затраты–выгода» должен обеспечивать оптимальную защиту персонала и населения с учетом экономических интересов общества (государства). Сложность оценки вреда от техногенных рисков во многом зависит от уровня их субъективного восприятия професси-

оналами и населением и характера распределения социальных и экономических компенсаций за наносимый ущерб здоровью.

Как правило, фобиям подвержены люди с высокой самооценкой своего «Я». Каждый человек предлагает за свое *ego* свою цену. «Ценой любой вещи я назову то количество собственной жизни, которое я готов отдать за обладание ею, немедленно или в рассрочку» (Генри Давид Торо, цит. по: Кузьмин и др. (1995)).

Соблюсти справедливое распределение выгод в общественных корпорациях при внедрении новых технологий трудно: выгоды распределяются в общенациональном (и даже мировом) масштабе, а потенциальным рискам подвергаются жители региона и профессионалы, производящие например, энергоресурсы (нефть, газ, электроэнергия).

Едва ли можно согласиться с мнением Стоуна (Stone, 1988), что «... выбор между величиной риска и выгодой, получаемой от источника риска, должна делать широкая общественность, но не специалисты». Общественность, как правило апеллирует к СМИ, которая исходя из внутренних и внешних побуждений, гиперболизирует техногенные риски, провоцируя фобию. Так было после Чернобыльских событий.

При обсуждении влияния ионизирующих и неионизирующих излучений на человека (особенно при малых уровнях облучения) перед обществом, медициной, законодательной и исполнительной властью возникает альтернатива: придерживаться антропоцентризма (техника для человека) или отдать предпочтение техноцентризму (техницизму: человек как составной элемент технологий). Экономика и связанные с ней новые технологии в оценке антропогенных факторов тяготеют к техницизму. Здравоохранение и общество, наоборот, делают акцент на человека как субъекта восприятия риска, переводя эту проблему в плоскость антропоцентризма и экологизма.

Эксперты считают, что лишь один человек из миллиона жителей интуитивно понимает, что такое риск. У населения, проживающего, например, вблизи объектов атомной энергетики, поэтому появляются сложности в «правильном» восприятии радиационного риска (такая же ситуация и с объектами, эмитирующие ЭМИ). Восприятие риска человеком или обществом зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Попытаемся разделить население по категориям в зависимости от его отношения к риску (профессиональному или экологическому).

**Население, проживающее вблизи технополисов и профессионально не связанное с производством**, как правило, негативно воспринимает любой риск, относящийся к загрязнению окружающей среды радионуклидами, токсическими веществами и электромагнитным излучением.

При столкновении с новым видом риска (экологическим или производственным) человек невольно сравнивает его величину с существую-

щими рисками (простудными заболеваниями, отравлениями, автомобильными авариями и т. п.), однако будучи не осведомленным о статистических данных по новому виду риска завышает его опасность или неадекватно оценивает малознакомый ему риск. Разные группы населения также неоднозначно оценивают техногенные риски.

Самые опасные с точки зрения общественности факторы, угрожающие здоровью и жизни людей, далеко не всегда являются таковыми на самом деле. Трех группам граждан США (женщинам, студентам и бизнесменам) было предложено расположить 20 возможных источников, приводящих к преждевременной гибели, в порядке убывания их опасности для человека. По мнению женщин и студентов, атомная энергетика занимает 1-е место в этом ряду, по оценке бизнесменов - 8-е, а в действительности - 12-е место. Рентгенологические обследования, которые все поместили в конце списка (студенты - на 17-е место, женщины - на 22-е и бизнесмены - на 24-е место), по статистическим данным стоят на 9-м месте. Таково же отношение и к электричеству как фактору риска: все три категории граждан поставили его на 18-19-е место, тогда как по статистике гибель от электрического тока стоит на 5-м месте (Радиация..., 1990). Результаты социологического исследования медицинских работников, проведенного в США, показали, что страх перед необычными источниками опасности, такими как радиация от атомных электростанций, больше, чем перед обычными рентгеновскими обследованиями. Среди всех рисков медицинские работники на 1-е место поставили риск заболеть СПИДом при лечении таких больных (Kelsey et.al., 1987).

Обычно человек никогда не выберет вида деятельности (или фактора), способного вызвать 1000 смертей в год с вероятностью, что это случится один раз в миллион лет, а предпочтет ему деятельность, вызывающую только одну смерть ежегодно (Page, 1987). Между тем для специалиста второй риск бесспорно выше. Развитие современного общества показало, что в обычных (не экстремальных) условиях жизнедеятельности человек редко откликается на призывы, обещающие значительную выгоду для общества в целом и малую для каждого в отдельности (Гундаров, 1988). Однако индивидуально свое отношение к риску он часто реализует через групповое согласие на протест.

Массовую фобию можно рассматривать как массовую истерию – «нервно-психическое заболевание общества». Это состояние характерно для сегодняшней ситуации, связанной с радиофобией. P.Ehrlich, A.Ehrlich (1974) пришли к парадоксальному выводу: современный образ жизни в технократическом обществе не под силу уравновешенным здоровым людям и выживать в таких условиях могут лишь личности с болезненной подвижностью нервных процессов. Может быть, наблюдаемое в последние годы увеличение психических расстройств и социальных патологий



следует трактовать как приспособительную реакцию человеческой популяции к цивилизационному стрессу? Безусловно, улучшение жизненных стандартов создает новые риски и новые типы фобий.

**Население, профессионально связанное с производством и проживающее вблизи технополисов.** Количественное распределение когорты в этой группе населения в зависимости от отношения к риску имеет сложную функциональную зависимость, на характер которой влияет множество социально-психологических и экономических факторов.

Но в любом случае будет группа психологически наиболее восприимчивых людей к профессиональным и экологическим рискам и группа психологически наиболее устойчивых.

**Экологические общественные организации.** Эта когорта населения, как правило, гиперболизирует экологическую опасность, особенно, радиационную и электромагнитную. В этой группе могут выделяться две подгруппы: искренне желающие улучшения экологической ситуации в стране или регионе, а другая, как правило, преследует экономические и политические цели. Спекулируя на экологических трудностях страны, экологические общественные движения часто являются мощным фактором провоцирования фобий к техногенным факторам среды. Происходит политизация техногенных рисков. «Так, антиядерное лобби и организация Гринпис, успешно манипулируя массами, априорно внедряют в общественное сознание идеи, согласно которым человечество порочно в своей основе и лишь эти движения озабочены его судьбой» (Ллойд, 1994). Это мнение, высказанное М.Д.Ллойдом с полным основанием можно распространить и на другие риски, в том числе и на электромагнитные. Специалисты, работающие в области техногенных рисков, с пониманием относятся к экологическим проблемам и много сделали для сохранения и оздоровления окружающей среды. Но, к сожалению, пропаганда необходимости развития новых технологий, ведется с меньшим успехом, чем деятельность ортодоксальных экологов и партий «зеленых» по их дискредитации.

**Администрация (законодатели, исполнительная власть),** исходя из «государственных» интересов, как правило, вынуждена уменьшать риск того или иного техногенного фактора, руководствуясь прежде всего экономическими интересами, и в то же время вынуждена считаться с общественным мнением. Приведем два примера, когда в одном случае возобладали экономические интересы, а в другом — политические.

В одном из докладов МКРЗ (№ 60, 1990) был сделан ряд уточнений по увеличению рисков при воздействии ионизирующего излучения в малых дозах (аналогичные попытки предпринимаются и в отношении электромагнитных полей). Однако новые предложения не были поддержаны Европейским экономическим сообществом, национальными комиссиями США и других стран (Румянцев, 1991; Крышев, Рязанцев, 2004). Консер-

ватизм этот вполне обоснован, так как изменения действующих нормативов социально и экономически не всегда оправданы. Это пример экономически разумного подхода западных ученых в принятии социально и политически неоднозначных решений. Другой пример. Принятый в России 9 января 1996 г. «Федеральный закон о радиационной безопасности населения», предлагающий более жесткий норматив для ионизирующего излучения, является, скорее, политическим актом, экономически не обоснованным и спорным в радиобиологическом аспекте. Подобное произошло и с ужесточением норм по ЭМИ для Москвы. Постановлением Правительства Москвы от 1 апреля 1997 г. № 244 введены более жесткие по сравнению с федеральными нормативы воздействия электромагнитного поля передающих радиотехнических объектов на население (2 мкВт/см<sup>2</sup> для жилых помещений). И это притом, что и федеральный норматив СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 устанавливает самые жесткие в мире ограничения на максимальный уровень ЭМИ абонентского аппарата – 100 мкВт/см<sup>2</sup>. При принятии России в ВТО общество будет в недоумении: какие же нормативы более справедливы, бывшие (наши) или международные (но не наши)?

**Научные сообщества** во многом определяют адекватное восприятие населением техногенных рисков через установление соответствующих нормативов и пропаганду достоверных и научных знаний. Однако некоторые ученые (в основном «гуманитарии»), плохо осведомленные о биологических эффектах малых доз излучений и зачастую отражающие интересы политических партий и групп, сами являются распространителями недостоверной, а то и ложной информации, провоцируя групповую фобию, способную перерасти в панику.

Есть ученые, которые сознательно искажают научные факты, гиперболизируя опасность таких техногенных факторов, как ионизирующее излучение, электрические, магнитные и электромагнитные поля.

Еще в 1980 году Тейлор (Teylor) в своей Зивертовской лекции говорил о неприглядной роли ученых в распространении фобий: Очень много противоречивых данных касательно раковых заболеваний при воздействии ЭМП (см, например, CIGRE, 1995; Обухова и др., 2002; Morrissey et al., 2003). А некоторые ученые (Perry et al., 1981) даже обнаруживали связь ЭМП промышленной частоты с суицидом (!?). Такие «научные» исследования естественно провоцируют фобии как у профессионалов, так и у населения.

Любопытны выводы сделанные Бозняковичем (Bosnjakovic, 1983):

- во всех индустриальных обществах наблюдается общая тенденция: увеличения обостренного внимания к своему здоровью (Health fanaticism) и увеличения страха к среде обитания;
- поспешные публикации часто лежат между фактами и спекуляцией;

- очень чувствительные люди имеют очень превратное представление о слове «радиация»: что диатермия (лечение) вызывает рак, что в пище, приготовленной в СВЧ-печках, образуются канцерогены, что при работе с СВЧ-печками может возникнуть рак, что ЭМП ЛЭП приводят к сексуальной импотенции и т.д.;
- несбалансированная точка зрения в обществе на ЭМП ведет к усложнению ситуации;
- группы источников формирования фобий: промышленность, ученые, группы связи с общественностью, учебные учреждения, профсоюзы, различные ассоциации, общественные клубы, церковные группы, политические партии и т.д.; хорошо сбалансированная информация **для всех** будет всегда отражать идеальную точку зрения;
- процессы массовых коммуникаций высоко избирательны, обусловлены внутренними и внешними факторами, обусловлены избирательным отношением к информации;
- информация отбирается и фильтруется точкой зрения лидеров, профессионалов и другим коммуникационным путем.

По проблеме социальной приемлемости атомной энергетики работа с общественностью была начата в 1989 году после создания Межведомственного совета по связям с общественностью в области атомной энергетики. Аналогичную роль в области ЭМ-технологий выполняет Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений (РНКЗ-НИ). Ю.Г. Григорьев и О.А. Григорьев попытались реально изложить суть сегодняшнего отношения населения к ситуации с ЭМП в буклете «Электромагнитная угроза здоровью: мифы и реальность» (Москва, 2003). Буклет составлен в соответствии с рекомендациями ВОЗ «Establishing a Dialogue on Risk from Electromagnetic Fields» (Geneva, 2002). Не все в этой интересной подборке статей и комментариев к ним или интервью однозначно. Мы, например, не очень склонны соглашаться, что есть люди с повышенной соматической чувствительностью к ЭМП – «гиперы». Признание существования такого типа людей неизбежно ведет к распространению радиофобии. Проблема, так называемых, «гиперов» требует детального эпидемиологического обоснования. По-видимому, гиперы это психически ранимые люди вообще к любой экстремальной ситуации. Психиатры и фармакологи считают, что 20% населения Земли подвержены внушению, а у 20–40% – лечебный результат от нейрофармакологических препаратов зависит от плацебо-эффекта. Выше мы приводили данные по «эксклюзивной» фобии у британцев в отношении денежных купюр.

**Национально-этнические особенности восприятия риска.** По данным многочисленных исследований, существенных расовых и нацио-

нальных различий основных биологических паттернов не существует. Более того, при проведении исследований в масштабах одной и той же страны биологические паттерны этноса оказались постоянными. И все-таки, нации и государства по-разному относятся к техногенным рискам. Так например, у шведов по данным журнала «Atom» (цит: Энергия, 1993. № 3) из 5 экологических проблем ядерные отходы вызывают наименьшую озабоченность, всего у 27% опрошенных. Лидирует озоновая дыра – 64%. А сейчас на первое место вышла фобия «глобального потепления» (хотя в этой проблеме не все так однозначно). Чем не примеры фобий, навязанных СМИ?

Население Южного Уэльса (Великобритания), терпимо относилось к радиационному риску, длительное время употребляя продукты (водоросли), содержащие радиоактивные рутений и цезий. Очень терпимое отношение японцев к ядерной энергетике, несмотря на пережитую трагедию атомных бомбардировок, хорошо известно.

Каждая этническая культура формирует (имеет) свое представление о риске их значимости для субъекта. По мнению С.М. Мягкова (1990) в западном обществе готовность к риску возрастает за счет углубления "цивилизационного надлома" по терминологии А. Тойнби, аномии по новейшей социологической терминологии. Далее он утверждает на основе анализа «затрат–выгода», что в **Японии** иное отношение к риску, чем в Европейских странах и США. «Развиваемая ныне теория управления риском... включает утопию «общечеловеческих ценностей», но признает противоречия интересов разных социальных групп» (Мягков, 1990).

Некоторым диссонансом терпимому отношению к рискам японцев является наблюдение П.В. Симонова (1989). Он считал, что рост неврологических, нервнопсихических и психосоматических заболеваний в ряде регионов России, возможно, обусловлен особенностями функционирования высшей нервной деятельности. Так 70% коренного населения нашего Северо-Востока (входящие в ту же расовую популяцию, что и **японцы**) имеют правополушарный (пространственно–образный) тип восприятия и переработки информации. Можно ли из этого сделать вывод, что «правополушарные» субъекты более подвержены фобиям? Проблема гораздо сложнее. Восточный менталитет (культура) – это особая культура (менталитет).

Население США после аварии на АЭС Три МайлАйленд, стало негативно относиться к радиации (Холл, 1989). После Чернобыля число стран быстро стало возрастать с негативными тенденциями к ядерной энергетике. Энергетический кризис меняет отношение общества к этой проблеме. Тоже буде происходить в отношении ЭМ-технологий. История доказывает, что массовое использование современных технологий (автомобиль, неко-

торые области химических, ядерных и информационных технологий) притупляет у потребителя проблему риска.

**Профессионалы, которые по роду своей работы тесно связаны с высоким техногенным риском.** К этой категории населения относятся лица, обеспечивающие безопасность государства, и некоторые профессионалы в промышленности и энергетике, которые, как правило, имеют высокую толерантность к фобиям. Высокая психологическая устойчивость к риску обусловлена множеством внутренних и внешних факторов.

Среди внешних факторов следует назвать, прежде всего, повышенную мотивацию на самоутверждение личности в групповом поведении (военные, летчики, космонавты и др.).

Участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС военного и гражданского персонала свидетельствует, что при групповом поведении психологический порог риска повышается.

Важным элементом в обеспечении психологической устойчивости персонала к факторам риска является рациональная система профессионального отбора.

Плохой профессиональный отбор на основе психологической и соматической пригодности к той или иной профессии создает предпосылки к «столкновению» личности с техникой, эмитирующей вредные воздействия, и к появлению психических расстройств в виде фобий.

В последние годы обсуждается сложная в этическом плане проблема мониторинга индивидуальной восприимчивости к профессиональным заболеваниям (Кацнельсон и др., 1994).

**Средства массовой информации (СМИ).** Неадекватное восприятие техногенных рисков населением во многом обусловлено пропагандистским воздействием СМИ.

Первая волна фобии по поводу страшных последствий от электромагнитного облучения по видимому началась с популярной книги американского журналиста Бродера «Облученная Америка» (Brouder, 1977) с громким подзаголовком: «микроволновая радиация может ослепить вас, изменить ваше поведение, вызвать генетические нарушения и даже убить вас. Эту опасность скрыли от Вас Пентагон, Госдепартамент и электронная индустрия». Последующие многочисленные исследования опровергли эти домыслы (Pollack, 1983).

Поспешные публикации часто лежат между фактами и артефактами. Как правило, СМИ спекулируют на страхе перед теми рисками, которые трудно «освязаемы» и их эффекты имеют отсроченное действие (многие месяцы и годы). К таким экологическим факторам, помимо ионизирующего излучения, они относят магнитные, электрические и электромагнитные поля. Для этих целей СМИ сплошь и рядом используют некорректную информацию, полученную от конкурирующих (по разным причинам)

групп ученых. Они умело манипулируют фобиями, выраженным отчаянием людей, потерявших реальные ориентиры вреда и пользы от внедрения в жизнь новых промышленных технологий.

Нередко в антипропаганде тех или иных новых технологий журналисты обращаются, к сожалению, не к разуму человека, а к его эмоциям, страху, инстинкту самосохранения. В оценке часто присутствует иррациональная психологическая установка личности (Гундаров и др., 1988; Ушаков и др., 2000).

Психологически неправильная, извращенная установка на риск (ионизирующие или неионизирующие излучения) отчасти формируется ошибочными или некорректными установками личности на социально значимые заболевания: рак, нарушение психики и др. В последние годы первенство устрашающего заболевания принадлежит СПИДу, а не туберкулезу, вызывающему сегодня серьезную тревогу у эпидемиологов. Начинается эпопея с птичьим гриппом (Сергиев, 2006).

Роберт Лукас, нобелевский лауреат по экономике 1995 года, сделал такой вывод в отношении денежной инфляции: прогноз роста инфляции немедленно ускоряет этот рост. Применительно к нашему случаю аналогия в том, что чем больше говорят о радиации, тем больше это вызывает страх. «Своеобразная инфляционная радиофобия».

Психологическое и социальное восприятие риска – явление довольно сложное и является лишь частью общей проблемы психологической и социальной адаптации человека к окружающей техногенной среде, имеющей особенное значение для сложных и экстремальных ситуаций.

Психогенный параметр техногенных рисков может исказить реальную оценку оператором своего физического состояния и своих возможностей.

Политика «абсолютной» безопасности была общепринятой до начала 70-х гг. К началу 80-х пришли к пониманию, что безопасных технологий, а следовательно, «абсолютной» безопасности нет. Концепция «приемлемого» риска стала основополагающей в формировании качественно новой цели безопасности, прежде всего на количественной оценке «риск–польза», принятой в стандартах безопасности ионизирующего фактора и других техногенных рисков. В последние годы такой подход рассматривается и для неионизирующих излучений. В проблеме радиационной безопасности профессионалов и особенно населения важным является то, как воспринимает тот или иной риск человек. Общие принципы восприятия риска и его влияние на риск – менеджмент является в принципе общими для всех рисков, в том числе и для электромагнитного фактора.

«Борьба» с радиофобией видимо должна строиться на общих принципах информационного противодействия (Почепцов, 2000). С.Н. Бухарин и

др. (2001) рекомендуют учитывать следующее (приведем с небольшими сокращениями):

- информационные кампании должны основываться на реалистичных целях;
- не является особо эффективной просто выдача информации через средства массовой информации, следует поддерживать системы межличностной коммуникации;
- следует учитывать что каждый тип целевой аудитории имеет свои собственные предпочтения в области масс-медиа, жизненных целей, ценностей, демографических и психологических характеристик;
- необходима классификация аудитории по степени восприимчивости к новому: «инноваторы» – они более сориентированы вовне, чем другие категории; «первоприниматели» – они являются уважаемыми местными жителями, к которым приходят за советом; «раннее большинство» – они долго взвешивают, прежде чем принять решение; «позднее большинство» – им нужно определенное давление окружения для того, чтобы присоединиться к новому.

Последние две категории общества наиболее массовые и составляют по Э. Роджерсу 68% (цит. по: Бухарин и др., 2001).

Особая роль в распространении страхов принадлежит Интернету. О, так называемом, «электронном терроризме» в отношении атомной энергетики сообщалось в прессе (Электронный..., 2001). Интернет из области полезных информационных ресурсов превращается (очень часто!) в информационную «помойку».

Таким образом, в поле зрения дальнейшего анализа медицинских и социально-психологических аспектов техногенных рисков, по нашему мнению, должны быть следующие положения: влияние соматического и психического здоровья на восприятие риска; генетические механизмы устойчивости к физическим и токсическим факторам; этнические и национальные особенности восприятия риска; социально-психологические аспекты взаимодействия новых технологий, общества, здравоохранения и экологических движений; идеология, религия, мистицизм, массмедиа (формирование искаженного представления о риске); управление риском.

Несколько субъективных пожеланий:

- больше внимания к положительным эффектам электромагнитной составляющей техногенных рисков;
- акцент на сравнительный риск разных техногенных факторов;

- любые новые риски должны рассматриваться только в сравнительном аспекте с другими, которые общество психологически приняло как неизбежный элемент цивилизации;
- «радиационная» пропаганда должна вестись дифференцированно в зависимости от образования, социального положения и т.д. реципиентной группы;
- в некоторых случаях в оценке «польза–риск» социальные и политические составляющие могут иметь больший вес, чем экономические;
- радиофобия может быть использована в психологической и информационной борьбе (войне);
- мы должны быть готовыми к тому, что принятие России в ВТО кардинально повлияет на структуру существующих стандартов и нормативов в соответствии со статьей 15 Конституции РФ. Изменится вся научная и правовая политика в области разработки стандартов и нормативных актов по техногенным и экологическим факторам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Альгин А.П.* Риск и его роль в общественной жизни. М.: 1989.– 230 с
2. *Безопасность России.* Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М.: МГФ «Знание». 1999. – 592 с
3. *Беляев С.Т., Демин В.Ф., Книжников В.А.* Концепция минимизации ущерба здоровью и благополучию населения в результате аварии на Чернобыльской АЭС. 54 вопроса и ответа // Мед. радиология. 1992. Т. 37, № 1. С. 20–35.
4. *Бинги В.Н.* За что критикуют магнитобиологию // Ежегодник РНКЗ-НИ. 2004. С. 195–209.
5. *Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В.* Оценка и управления рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М.: Эдиториал УРСС, 1999.– 256 с.
6. *Бухарин С.Н., Кочемасов С.Г., Барсуков Р.А.* Информационное противоборство на примерах проблемы обеспечения экологической безопасности вооруженных сил Российской федерации // Стратегическая стабильность. 2001. №3. С. 49–57.
7. *Ваганов П.А.* Об измерении цены жизни в анализе риска // Оценка и управление природными рисками : Материалы Общероссийской конференции «РИСК-2000». М.: 2000. С. 141–145.
8. *Вирт С.* Почему люди стали бояться реакторов // Вопросы философии. 1992. №2. С. 59–70.



9. *Власов В.В.*, Эффективность диагностических исследований, М.: Медицина. 1988. – 256 с.
10. *Гагаринский А.Ю.* Ядерная энергетика и общественное мнение в России // Энергетик. 1998. № 1. С. 9–12.
11. *Гримак Л.П.* Общение с собой. Начала психологии активности. М.: Политиздат. 1991. – 320 с.
12. *Гундаров И.А., Глазунов И.С., Лисицин И.Ю., Иванов А.В., Деев А.Д.* Методологические проблемы учения о факторах риска с позиций профилактической медицины // Вестн. АМН СССР. 1988. № 12. С. 24–28.
13. *Гуськова А.К.* Авария на ЧАЭС и ее медицинские последствия // Энергия: экономика, техника, экология. 2000. №4. С.18–21.
14. *Давыдов Б.И.* Электромагнитные излучения радиочастот (микроволны): принципы, критерии нормирования, «пороговые уровни» доз // Косм. биол. и авиакосм. мед. 1985. № 3. С. 8–19.
15. *Давыдов Б.И., Тихончук В.С., Антипов В.В.* Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М.: Энергоатомиздат. 1984. – 176 с.
16. *Давыдов Б.И., Ушаков Б.Н.* Ядерный и радиационный риск: человек, общество и окружающая среда. М. - СПб. : Фолиант. 2005. – 234 с.
17. *Давыдов Б.И., Ушаков И.Б., Зуев В.Г.* Социально-психологические и экологические аспекты в системе безопасности при ядерно-радиационных рисках // Авиакосм. и эколог. мед. 2004. Т. 38, №4. С. 29–36
18. *Кара-Мурза С.* Манипуляция сознанием. М.: Алгоритм. 2000.– 736 с
19. *Кацнельсон Б.Н., Ползик Е.В., Привалова Л.И.* О морально-этических аспектах мониторинга индивидуальной восприимчивости к профессиональным заболеваниям // Мед. труда и пром. экология. 1994. № 1. С. 28–40.
20. *Коте Р.П.* // Профилактическая токсикология / Центр Международных проектов Государственного комитета по науке и технике СССР. М.: 1984. Т. 2, ч. 2. С. 299–305.
21. *Крышев И.И., Рязанцев Е.П.* Нормы радиационной безопасности при использовании атомной энергии // Атом. энергия. 2004. Т.97, вып. 4. С. 299–308.
22. *Кузьмин И.И., Махутов Н.А., Меньшиков В.Ф.* Принципы управления риском в социально-экономической системе // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. М.: 1995. С. 25–36.
23. *Ллойд М.Д.* «Золотые правила» взаимодействия с общественностью по вопросам мирного использования атомной энергии // Атом. техн. за рубежом. 1994. №9. 9–14.
24. *Мягков С.М.* Риск социально-психологический // Вопросы анализа риска. 1999. № 2–4. С. 80–89.

25. НКДАР ООН. Восприятие радиационного риска. Вена: НКДАР, 1990. – 46 с.
26. Обухова С.Б., Давыдов Б.И., Зуев В.Г. Электромагнитные поля и рак / Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений. М.: Изд-во РУДН. 2003. С. 34–45.
27. Паули В.К., Бритвин О.В. Управлять результатом // Энергетик. 1999. № 1. С. 9–12.
28. Почепцов Г.Г. Информационные войны. М.: «Рефл-бук». Киев: «Веклер». 2000. – 576 с.
29. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. М.: 1990.– 79 с.
30. Ренн О. (Renn Ortviwin) Три десятилетия исследования риска: достижения и основные горизонты // Вопросы анализа риска. 1999. № 1. С. 80–99 (из: Risk Research. 1998. V. 1. P. 49–72).
31. Роик В.Д. Профессиональный риск: проблемы анализа и управления // Управление риском. 2003. №2. С. 9–12.
32. Румянцев В. В. Совершенствованию требований по радиационной защите // Атомн. тех. за рубежом. 1991. №9. С. 13–14.
33. Сергиев В.П., Филатов Н.Н. Инфекционные болезни на рубеже веков. Осознание биологической угрозы. М.: Наука. 2006.– 572 с.
34. Симонов П.В. Вопросы экологической физиологии // Успехи физиол. наук. 1989. № 2. С. 113–120.
35. Сомов А.Ю. Социально-экологические аспекты проблемы обеспечения безопасности населения в условиях развития сотовой связи / Ежегодник РНКНЗИ. Москва . 2004. С.188-194.
36. Ушаков И.Б. Комбинированные воздействия в экологии человека и экстремальной медицине. М.: ИТЦ «Издатцентр», 2003. – 442 с.
37. Ушаков И.Б. Экология человека опасных профессий. М. : Воронежский гос. ун-т, 2000. 128 с.
38. Ушаков И.Б., Давыдов Б.И., Зуев В.Г., Солдатов С.К. Техногенные риски: экологические и социально-психологические аспекты // Материалы Общероссийской конференции «РИСК-2000». М.: 2000. С. 304–308.
39. Холл Э.Дж. Радиация и жизнь: Пер. с англ. М.: 1989. – 170 с.
40. Электронный терроризм: радиация слухов // Бюл. по атом. энергии. 2001. № 3–4. С. 86.
41. Bosnjakovic B.F.N. Some thoughts on socio-political aspects radiation protection // Biol. Effects and dosimetry of static and EMF electromagnetic fields, eds. M. Grandolfo a.o., 1983, V. 19, P.621–627.
42. Brouder P. The Zapping of America. N.N. Norton a. Col. N. 1977.
43. CIGRE (Working group 36.06) Electric and magnetic fields and cancer: an update // Electra. 1995. N 161. P. 140–141.

44. *Covello V.T.* Environmental Impact Assessment Technology Assessment, and Risk Analysis // NATO ASI Ser. G, 1986. V. 4. P. 1-14.
45. *Dunster H.* The danger of small doses of radiation science or science fiction? // Nuclear Engineer. 1985. Vol. 26, N 2. P. 25–29 (Пер.: Атом. техн. за рубежом. 1987. № 10. С. 35–40).
46. *Ehrlich P.R., Ehrlich A.H.* The end of Affluence - A Blueprint for your Future. New York, 1974. – 234 p.
47. *Jones-Lee M.W.* The economics of safety and physical risk. Oxford, England. 1989. – 26 p.
48. *Kelsey Ch.A., Mettler F.A., Sorenson J.A., Brogdon B.G.* Health care workers' perceptions of risks // Health Phys. 1987. V. 53, N 5. P.541–544.
49. *Milham S. Jr.* Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields (Letter), N. Engl. J. med. 1982, V. 307. P. 249.
50. *Morrissey J.J., Elder J., Swicord M.L. and Joyner K.H.* A Review of Completed and Ongoing RF Bioeffects Research Relevant To Cancer Risk Assessment // Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN Electromagnetic Fields and Our Health 20<sup>th</sup> - 22<sup>nd</sup> October 2003, P. 1-12.
51. *Osepchuk J.* Electrophobia. // J. Microwave Power. a. Electromagnetic Energy. 1989. V. 24, N 4. P.194–202.
52. *Page R.A.* Environmental issues: what people think // Chemical in Britain. 1987. V. 22, N 6. P. 559–562.
53. *Perry F.S., Reichmanis N., Becker R.O.* Environmental power-frequency magnetic fields on suicide // Health Physics, 1981, V. 41, P. 267–277.
54. *Pollack H.* Medical aspects of exposure to radiofrequency radiation including microwaves // South Med. J. 1983. V. 76. P. 759–765.
55. *Repacholi M.H.* WHO's International EMF Project And Results So Far // Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN (ICNIRP, 2003). Electromagnetic Fields and Our Health 20<sup>th</sup>–22<sup>nd</sup>, October 2003.
56. *Sigler A.T., Lilienfeld A.M., Cohen B.H., et al,* Radiation exposure parents of children with mongolism (Down's Syndrome). Bull. Joh. Houpkins Hosp. 1965. V 117. P. 374–399.
57. *Stolwijk J.A.J., Canny P.P.* Determinants of Public Participation in Management of Technological Risk, in: M. Shubik (ed) // Risk, Organizations, and Society. 1991. P. 33–48.
58. *Stone A.* The tolerability of risk from nuclear power stations // Atom. 1988. N 379. P. 8–10.
59. *Taylor L.S.* Some nonscientific influences on radiation protection standards and practice. The 1980 Sievert lecture // Health Physics. 1980. V. 39. P. 851–874.

## TECHNOGENIC RISKS: SOCIAL-PSYCHOLOGICAL ASPECTS

*B.I.Davydov, I.B.Ushakov*

*The State Scientific-Research Testing Institute of Military Medicine, Moscow*

In addition to the somatic effects, physical and chemical factors may also have sociopsychological impacts and distort perception of technogenic risks. Risk management is an important component in the analysis of human-environment interaction. Individuum per se with her/his system of values plays a key role in risk perception and transformation of this perception. Reviewed are the sociopsychological constituents of risk perception that often give birth to phobias, as well as national-ethnic peculiarities and the role of mass media in provoking phobias. Emphasized is the necessity to continue studies of phobias evoked by technogenic risks in the next areas: somatic and mental health and risk perception, genetic mechanisms of resistance to physical and toxic factors, ethnic and national factors in risk perception, sociopsychological aspects of interaction of novel technologies, society, public health and ecological movements; ideology, religion, mysticism, mass-media: formation of distorted perception of risk; risk management.

## ЧЕЛОВЕК И ЭМП В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

*К.А.Труханов*

*ГНЦ РФ-Институт медико-биологических проблем РАН*

Длительное время с момента первого космического полета человека проблема воздействия на него ЭМП естественного происхождения и ЭМП систем корабля и бортовой аппаратуры казалась несущественной по сравнению с другими проблемами.

Пилотируемая космонавтика в то время ограничивалась околоземными полетами. Геомагнитное поле (ГМП) на околоземном пилотируемом аппарате всего на (20–30)% ниже уровня ГМП в регионе, над которым он находится. К тому же надежных данных о биологической значимости ГМП и его вариаций было мало.

Что же касается ЭМП бортовых систем и аппаратуры, то вследствие низкой энерговооруженности космических аппаратов того времени эти ЭМП (кроме ЭМП систем связи) были несопоставимы с антропогенными ЭМП на Земле.

Однако энерговооруженность пилотируемых космических аппаратов постепенно повышалась. Увеличивалась длительность пребывания человека в космосе. Появились новые данные о биологическом действии ЭМП, в особенности, тех, которые, как ранее считалось, не имеют заметной биологической значимости;

Все это привело к тому, что в ГОСТ Р 50804-95 «Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования» (1995 г.) уже был включен раздел о предельно допустимых уровнях (ПДУ) ЭМП.

В последнее время проблема воздействия ЭМП на человека и биорегенеративные системы жизнеобеспечения в космическом полете стала привлекать особое внимание.

Во-первых, начали интенсивно обсуждаться проекты планетных экспедиций (в первую очередь, марсианской) и создания баз на Луне. В этих случаях человек на длительное время окажется в межпланетном магнитном поле, напряженность которых на несколько порядков ниже привычного ГМП. Кроме того, в межпланетном магнитном поле отсутствуют некоторые характерные для ГМП колебания, которые, по-видимому, биологически значимы.

Во-вторых, появились данные, что даже при околоземных полетах вариации уровня ГМП на борту, обусловленные изменением геомагнитных координат при движении объекта по орбите, а также геомагнитные возмущения влияют на состояние космонавтов.

В-третьих, насыщенность будущих космических кораблей (особенно, межпланетных) и лунной базы системами и аппаратурой, при работе которых возникают ЭМП, ставит вопрос об опасности роста дозовой нагрузки на человека.

Человек в космосе будет круглосуточно находиться под воздействием ЭМП, причем оно может модифицироваться в нежелательную сторону из-за воздействия других неблагоприятных факторов полета.

Рассмотрим вначале проблему гипوماгнитных условий в межпланетном пространстве и на поверхности Марса и Луны.

Межпланетное магнитное поле, как известно, представляет собой магнитные поля Солнца, уносимые солнечным ветром. Силовые линии межпланетного поля вращаются вместе с Солнцем и имеют вид спиралей. Магнитные потоки из обоих полушарий Солнца разделяет изогнутый по радиусу и углу токовый слой, форму которого сравнивают с пачкой балерины. Вращение Солнца приводит к тому, что Земля находится то выше, то ниже токового слоя. Соответственно магнитное поле, создаваемое этим слоем, направлено то к Солнцу, то от него. На орбите Земли это выглядит так, как если бы межпланетное магнитное поле имело секторную структуру, причем в соседних секторах направления магнитного поля противоположны.

Величина магнитной индукции межпланетного поля на орбите Земли меняется в пределах  $\sim (10^2 \div 10^1)$  нТл. Таким образом, межпланетное магнитное поле в тысячи и десятки тысяч раз меньше, чем привычное ГМП на поверхности Земли.

Зависимость напряженности межпланетного магнитного поля от расстояния при удалении от Солнца в первом приближении принимают за гиперболическую. Т.е. на орбите Марса межпланетное поле примерно в два раза меньше, чем на земной орбите. Магнитное поле собственно Марса примерно на три порядка меньше геомагнитного.

Магнитное поле на поверхности Луны в большинстве областей, как известно, практически неотличимо от межпланетного поля, хотя существуют участки с несколько большей намагниченностью. При лунных экспедициях астронавты уже сталкивались с отсутствием привычного ГМП на борту и на поверхности Луны, но непродолжительное время.

В литературе имеется экспериментальный материал, свидетельствующий, как правило, о неблагоприятных эффектах действия на живые системы гипوماгнитных условий (например, в экранированных помещениях, бункерах и т.п.), причем значительно менее жестких, чем в межпланетном пространстве. Обзоры этих работ содержатся, например, в монографиях [1–4]. Имеются также данные о биологических эффектах, обусловленных пересечением границ секторной структуры межпланетного поля (см., например, [5, 6]).

В работах, выполненных разными авторами, имеются противоречия, причем в ряде случаев достаточно серьезные. Поэтому необходимо проведение дальнейших исследований. Заметим, что даже если эффекты имеют одинаковую направленность (например, благоприятны), но различны по величине, это может привести к нежелательным последствиям в замкнутой экологической системе жизнеобеспечения дальнего полета.

В последнее время появились теоретические работы (см., например, [4, 7]), объясняющие с позиций квантовой механики и биофизики механизм биологического действия гипомагнитных условий на молекулярном уровне.

Технически возможно установить в обитаемом объеме марсианского корабля магнитную соленоидальную систему, которая будет создавать в нем поле, близкое по величине к геомагнитному [8–10]. Такая система, как показывают расчеты, не будет обладать ни большой массой, ни заметным энергопотреблением. Примем ориентировочно в соответствии с [11], что радиус обитаемого отсека корабля марсианской экспедиции составит 2,0 м, длина 30 м, а объем —  $4 \cdot 10^2 \text{ м}^3$  (в монографии [12] приводятся несколько меньшие величины). Пусть аналог ГМП обеспечивается соленоидом, у которого однородность поля достигается оптимальным расположением витков (в данном случае их 28) по длине, а ток во всех витках одинаков [13]. Для создания в обитаемом объеме магнитного поля  $\sim 40 \text{ А/м}$ , что соответствует величине ГМП на широте г. Москвы, потребуется  $1,5 \cdot 10^2 \text{ Вт}$  при массе проводников из алюминия около  $2 \cdot 10^2 \text{ кг}$  [13]. По сравнению с массой и энерговооруженностью предполагаемого межпланетного корабля марсианской экспедиции эти величины пренебрежимо малы. Здесь возникает типичная задача на оптимизацию: чем меньше сопротивление магнитной системы (т.е. чем она тяжелее), тем меньшую мощность она потребляет и тем меньше вес источника ее питания. И наоборот.

Среднеквадратическая неоднородность магнитного поля на длине оптимизации 30 м для соленоида невелика и составляет доли процента (Рис. 1).

Принципиальные трудности заключаются в другом.

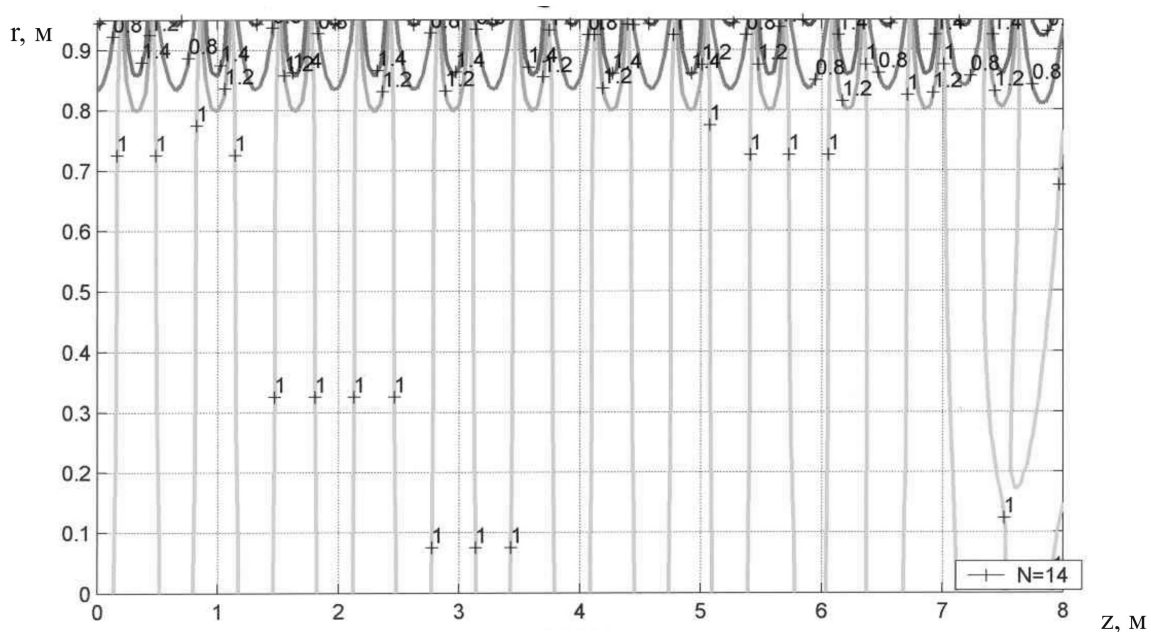


Рис. 1 Изолинии магнитного поля в обитаемом объеме межпланетного корабля. Показана половина симметричной системы, число секций – 14. Отношение длины к радиусу 1:16. Значения поля по радиусу отнесены к полю на оси.

Какова должна быть величина и однородность этого искусственного аналога земного поля? Следует ли поддерживать его постоянно или включать лишь на какое-то время суток? Имеются наблюдения (например, [14]), что животные в экспериментах хуже переносят смену гипомагнитной обстановки на обычную обстановку в лаборатории и обратно по сравнению с постоянным пребыванием в гипомагнитных условиях.

Необходимо ли повторять спектр колебаний и возмущений геомагнитного поля, и если да, то в каких диапазонах? Есть работы, в которых показано, что некоторые типы колебаний важны для человека. Интересна и показательна ситуация, возникшая на борту Российского Сегмента Международной Космической станции (РС МКС). Она кратко описана в работе [15]. В полете орбитальной станции «Салют-6» командир экипажа В.В. Коваленок отметил неожиданно возросшую возбудимость членов экипажа и раздражительность во взаимоотношениях, выразившуюся в конфликте с Центром управления полетом. Как выяснилось, в это время полностью отсутствовали все типы пульсаций ГМП, что само по себе необычно для космической погоды. После их появления напряженное состояние экипажа самопроизвольно снялось. В работе делается вывод, что пульсации ГМП важны для человека и их отсутствие при межпланетном полете может приводить к нежелательным последствиям.

Для решения этих и других вопросов необходимы дальнейшие исследования, причем с учетом возможного модифицирующего влияния



других факторов дальнего космического полета. Можно, конечно, попросту записать вариации ГМП в отсутствие заметных геомагнитных возмущений и воспроизводить их на борту во время полета [8-10]. Более сложный вариант – отслеживать вариации ГМП в месте старта, например, в течение суток, сжимать их по частоте, передавать на межпланетный корабль и воспроизводить их там с исходной частотой. Это позволит космонавтам, так сказать, пребывать в «родном» ГМП, но с суточным сдвигом [8-10]. Возможно, что окажется полезным незначительно варьировать величину аналога ГМП во времени.

Однако представляется более целесообразным проведение специальных исследований по определению оптимальных режимов искусственного ГМП, тем более что это позволит продвинуться дальше в проблеме значимости ГМП для жизни на Земле. Последнее представляет как фундаментальный естественно – научный интерес, так и большое прикладное значение.

Следует сказать, что такие же или несколько другие магнитные системы (например, типа колец Баркера и т.п.) могут быть установлены на лунной базе.

Для создания постоянного магнитного поля на межпланетном корабле может быть также использована система постоянных магнитов, соответственно расположенных по отсеку. Однако для имитации пульсаций ГМП все равно понадобится система из проводников.

Соленоидальная магнитная система, схожая с системой для межпланетного корабля, может быть использована и для целей компенсации колебаний уровня ГМП на борту при околоземном полете, когда непрерывно меняются геомагнитные координаты корабля (станции). Амплитуда этих колебаний достигает почти половины среднего уровня ГМП на орбите и в десятки раз превышает величину самых сильных магнитных бурь.

Возможные биологические последствия этого явления обсуждались еще в работах [1, 16]. Эффекты влияния на человека в околоземном полете колебаний уровня ГМП, как уже говорилось выше, показаны в работах [17, 18].

Если пытаться компенсировать на борту изменение каждого компонента ГМП, то потребуются активная двухкомпонентная или даже трехкомпонентная магнитная система, что технически представляется трудно осуществимым. По-видимому, наиболее простой и эффективный выход из положения, по нашему мнению, состоит в следующем [10, 13].

В обитаемом отсеке с помощью однокомпонентной магнитной системы соленоидального типа создаем поле вдоль его оси. Там же находится магнитометр, включенный в блок управления током источника и его направлением в магнитной системе. Величина модуля поля, создаваемого совместно магнитной системой и ГМП на борту, поддерживаем на заранее

установленном уровне, несколько превышающем максимальный уровень ГМП на орбите. При вариации уровня ГМП вследствие тех или иных причин (изменения геомагнитных координат корабля из-за его движения по орбите или же процессов в магнитосфере) величина поля в обитаемом отсеке остается стабильной, а изменяется, причем достаточно медленно, лишь направление вектора поля, в котором находится человек.

Следует подчеркнуть, что медленные и даже сравнительно быстрые изменения направления вектора магнитного поля, по-видимому, не могут вызывать каких-либо нежелательных биологических эффектов, поскольку естественным образом сопровождают жизнедеятельность. Положение тела человека относительно вектора ГМП практически все время изменяется как при его движении в пространстве, так и при изменении позы (в бодрствующем состоянии или во время сна). Заметим, что за тем исключением, которое связано с поведением живых систем, ориентирующихся по ГМП, магнитобиология практически не располагает экспериментальными данными и теоретическими объяснениями значимости направления его вектора.

Найдем, как должна изменяться величина дополнительного поля  $B_{art}$  соленоидальной системы при движении по орбите, принимая для простоты ГМП за поле магнитного диполя, ось которого совпадает с осью вращения Земли. Такой подход позволит сделать некоторые общие оценки, не усложняя выкладок. Рассмотрим, опять же для простоты, движение корабля (станции) по полярной круговой орбите, причем пусть ось обитаемого отсека будет ориентирована в плоскости орбиты и все время параллельна земной поверхности. (Рис. 2.). В дипольной модели и в указанном выше приближении ГМП имеет следующих два компонента (система координат сферическая):

$$\begin{aligned}
 B_r &= -2 \frac{M}{r^3} \sin \lambda \\
 B_\lambda &= \frac{M}{r^3} \cos \lambda
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $M$  – магнитный момент Земли,  
 $r$  – расстояние от ее центра до интересующей точки орбиты,  
 $\lambda$  – геомагнитная (и географическая в данном приближении) широта космического корабля.

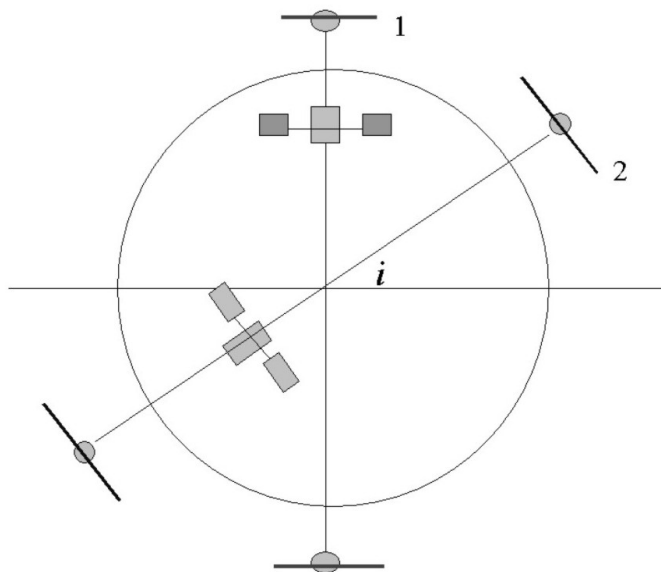


Рис. 2. Стабилизация магнитного поля на борту при движении по полярной орбите (1) и орбите с углом наклона  $i$  (2) .

Третий (широтный) компонент ГМП в данном приближении равен нулю.

Модуль ГМП в зависимости от широты изменяется как:

$$|B| = \frac{M}{r^3} \sqrt{1 + \sin^2 \lambda} \quad (2)$$

Поскольку дополнительное магнитное поле магнитной системы  $B_{art}$  направлено вдоль корабля, суммируем его с компонентом  $B_{\lambda}$  и приравняем сумму величине ГМП на борту над полюсом:

$$\left(-2 \frac{M}{r^3} \sin \lambda\right)^2 + \left(\frac{M}{r^3} \cos \lambda + B_{art}\right)^2 = \left(2 \frac{M}{r^3}\right)^2 \quad (3)$$

Решение этого уравнения:

$$\frac{B_{art}}{B_{eq}} = (-1 \pm 2) \cos \lambda \quad (4),$$

где  $B_{eq} = \frac{M}{r^3}$  — поле на экваторе.

Оба корня удовлетворяют уравнению (3) и, соответственно, условию постоянства уровня магнитного поля на борту при движении корабля (станции) по орбите. Однако второе решение предполагает, что поле  $B_{art}$  на экваторе не складывается с геомагнитным, а вычитается из него. По-

сколькx это в свою очередь требует тpоекратного увеличения поля  $B_{art}$  и девятикратного увеличения мощности питания магнитной системы, то второй вариант технически невыгоден.

Напомним, что этот результат получен в дипольном приближении и, более того, при допущении, что ось магнитного диполя совпадает с осью вращения Земли. Приведенный выше результат следует рассматривать как иллюстративный. Так как ось диполя наклонена к оси вращения Земли на  $\sim 11,5^\circ$ , то, строго говоря, следовало бы учитывать широтный компонент поля и его изменение во времени. Однако более точный анализ, как и учет в нем углов рыскания и тангажа корабля (станции) здесь был бы излишним, тем более что реально магнитная система будет управляться магнитометром.

Найдем теперь среднюю мощность  $\overline{W}$  на стабилизацию модуля поля на четверти витка круговой полярной орбиты, учитывая, что скорость корабля (станции) остается постоянной,:

$$\overline{W} = \frac{\pi}{2} \int_0^{\pi/2} \left(\frac{R}{R+h}\right)^3 \cdot i_{eq}^2 \cdot \cos^2 \lambda \cdot d\lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{R+h}\right)^3 \cdot i_{eq}^2 \quad (5)$$

Для  $h \approx 400$  км величина первого множителя  $i_{eq}^2$  составляет  $\approx 0,417$ . Таким образом, на витке в среднем требуется меньше половины мощности, необходимой на экваторе.

Аналогичным образом решение находится, если орбита не полярная, а имеет угол наклона. Приведем конечный результат:

$$B_{art} / B_{eq} = (-1 \pm 2) \cdot \cos u \cdot \sin i \quad (6),$$

где  $u$  - аргумент широты, т.е. угол, показывающий положение космического аппарата, отсчитываемый в плоскости орбиты,

$i$  - угол наклона.

Выражение схоже с уравнением при движении по полярной орбите, но вместо широты  $\lambda$  присутствует аргумент широты  $u$ . Кроме того, присутствует множитель  $\sin i$ . Знак «+» вместо знака «-» следует выбрать из соображений меньшей мощности, которая должна расходоваться на поддержание поля. Заметим, что мощность на  $(\sin^2 i)$  меньше, чем на полярной орбите

В какой-то мере схожие проблемы должны возникать при дальних полетах на самолетах, особенно, в широтном направлении (например, через северный полюс). На борту самолетов уровень ГМП меняется не только из-за изменения во время полета геомагнитных координат основного поля, но и вследствие вклада так называемого аномального поля, обуслов-

ленного местными магнитными аномалиями [19]. Наличие магнитной системы на борту позволит устранить колебания уровня ГМП при полете и медленно снижать или повышать этот уровень до уровня в точке приземления. Необходимо заранее знать маршрут и максимальную величину ГМП, которая встретится на нем. Однократный скачок величины поля в месте старта неизбежен.

В медицинской практике известно создание экранированных комнат для размещения в них магнито - чувствительных пациентов (см., например, монографию [20]). Однако в этих комнатах пациенты находятся в ослабленном ГМП, что может вызывать неблагоприятные эффекты. Стабилизация модуля магнитного поля с помощью специальных магнитных систем позволит более эффективно обеспечивать нейтрализацию воздействия магнитных бурь. Конечно, это целесообразно только в том случае, если, как отмечалось выше, именно колебания величины ГМП являются причиной соответствующих биологических эффектов. Если же эти эффекты лишь коррелируют с колебаниями величины ГМП, а на деле за них в основном ответственны факторы, которые пока не удалось надежно установить, упомянутые выше решения окажутся не вполне успешными.

В литературе неоднократно ставился вопрос об электрическом поле, которое, по мнению некоторых авторов, наводится в теле космонавта за счет «пересечения магнитных силовых линий» при движении космического корабля в ГМП, и делались попытки объяснить этим некоторые биологические эффекты на борту. В частности, в работе [21], предполагается, что наведенное электрическое поле может быть «по крайней мере частично ответственно» за потери организмом кальция в космическом полете.

К сожалению, такие объяснения основаны на принципиальной ошибке. Дело в том, что электрическое поле при движении корабля в ГМП, является по отношению к нему «внешним». Поэтому оно практически полностью экранируется проводящим корпусом (т.е. космонавты по сути находятся в «клетке Фарадея»). С другой стороны, скорость изменения уровня геомагнитного на борту весьма мала (обычно доли – единицы нТл/с) и электрические поля и токи, возникающие в человеческом теле, как в проводящем контуре, пренебрежимо малы. Корректный подход к этому вопросу содержится, например, в работах [16, 10].

Возникают непростые вопросы с разработкой единых ПДУ для международных космических объектов, имеющих Национальные Сегменты (Международная космическая станция – МКС).

Неоднократные обсуждения на Международной Рабочей Группе по ионизирующим и неионизирующим излучениям на МКС (MRHWG) привели к единой точке зрения, что круглосуточное воздействие ЭМП бортовых систем и аппаратуры на членов экипажа эквивалентно условиям, в которых находится население. Как известно, для последнего устанавлива-

ются уровни облучения, резко сниженные по сравнению с профессиональными. Конечно, уровень здоровья космонавтов (астронавтов) существенно превосходит средний уровень здоровья населения, не говоря уже о здоровье таких уязвимых групп, как пожилые люди, дети и т.д. Все же, учитывая наличие многих неблагоприятных факторов в космическом полете, целесообразно при нормировании уровней ЭМП для борта основываться именно на уровнях ЭМП для населения.

Тем не менее, здесь возникает очередная трудность. Эти уровни в разных странах отличаются друг от друга ввиду разных подходов к нормированию, причем особенно сильно в области высоких и сверхвысоких частот.

Нежелательность положения, при котором на Национальных Сегментах будут действовать уровни соответствующих Национальных Стандартов, заключается, в основном, в двух обстоятельствах.

Первое состоит в трудностях организации в этом случае совместной работы членов экипажей из разных стран в тех или иных Национальных Сегментах станции и, особенно, при внекорабельной деятельности (работе в космосе) вблизи антенных систем.

Второе заключается в том, что из-за электромагнитной связи между Национальными Сегментами по переходным отсекам и другим элементам конструкции корабля (станции) ЭМП могут «просачиваться» из одного Сегмента в другой, создавая в некоторых случаях превышение уровней соответствующих Национальных Стандартов. Например, на частотах свыше 15 МГц уровень США для населения составляет 10 мВт/см<sup>2</sup>. В то же время ПДУ для ЭМП в ГОСТ Р 50804-95 составляет 10 мкВт/см<sup>2</sup> (он снижен по сравнению с профессиональным в 2,5 раз). Если в Сегменте США уровень будет составлять всего 10% от норматива для населения, то при предположительной величине электромагнитной связи 10<sup>-2</sup> между ним и Российским Сегментом, в последнем нельзя будет включить ни один прибор, создающий при работе ЭМП, поскольку это приведет к превышению ПДУ.

Заметим, что знание величины электромагнитной связи позволит прогнозировать, к чему будет приводить на станции поставка новой аппаратуры в какой-либо ее сегмент.

Предложения Российской стороны по уровням ЭМП на МКС, одобренные РНКЗНИ и доложенные на MRHWG, заключаются в следующем.

Поскольку МКС является Международным объектом, целесообразно принять за ПДУ на МКС в качестве первого приближения уровни для населения, разработанные Международным Комитетом по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP).

Это тем более имеет основание, поскольку рекомендации ICNIRP в настоящее время приняты как исходные для Стандартов многих стран и

рассматриваются как предполагаемый Стандарт Европейского Сообщества. Их модификация для МКС должна заключаться в том, чтобы в области частот, где уровни, регламентируемые для населения Стандартом какой-либо страны-участницы МКС, меньше уровней, предлагаемых ICNIRP, соответственно снизить последние, сохранив их частотную зависимость. Тем самым будет предусмотрен большой коэффициент запаса и, вместе с тем, исключен конфликт с законодательством соответствующей страны-участницы.

В области сравнительно низких частот этот подход может и должен, по нашему мнению, привести к разработке единых ПДУ для МКС. В области высоких и сверхвысоких частот расхождения, по-видимому, устранить не удастся. Однако если подобный подход будет принят, это позволит снизить уровень на порядок и более, что существенно. На РС МКС в области высоких и сверхвысоких частот могут продолжаться, в виде исключения, действовать нормативы, установленные ГОСТ Р 50804-95.

Измерения, ранее выполненные на орбитальном комплексе МИР в диапазоне низких частот, показали [22], что величины ЭМП заметно ниже ПДУ, установленных ГОСТ Р 50804-95. Российский Сегмент МКС в некоторых отношениях сходен с комплексом МИР, но, учитывая рост энерговооруженности МКС в будущем, положение может измениться.

Перспектива резкого возрастания количества систем и аппаратуры КА, создающих при своей работе ЭМП широкого спектра и самой различной величины заставляет с повышенным вниманием относиться к вопросам биологического действия ЭМП и нормирования его предельно допустимых уровней.

На борту космических пилотируемых аппаратов, особенно, дальних, спектр ЭМП начнет приобретать характер, все более и более близкий к квазинепрерывному. В наземных условиях это уже происходит. Ранее, в связи с отсутствием проблемы квазинепрерывного фона ЭМП, его нормирование не рассматривалось. В настоящее время при разработке норм электромагнитной безопасности возникает необходимость оценки дозовой нагрузки, вносимой фоновой электромагнитной обстановкой [23, 24].

В стандартах многих стран и международных организаций-регламентировано, что в случае воздействия нескольких источников ЭМП с разными частотами и с разными или одинаковыми предельно допустимыми уровнями (ПДУ) сумма их относительных вкладов не должна превышать единицы. В работах [23, 24] этот подход распространяется на случай квазинепрерывного широкополосного электромагнитного фона, который предлагается рассматривать как множество виртуальных источников.

Следует сделать одно добавление. Уровень квазинепрерывного широкополосного фона обычно весьма мал по амплитуде. Поэтому возникает вопрос о наличии или отсутствии в тех или иных диапазонах частот ам-

плитудного порога биологических эффектов воздействия ЭМП. В случае тепловой модели таких сомнений нет – нагрев есть нагрев. Можно говорить лишь о том, что из-за нелинейности проводимости тканей при очень малых амплитудах ЭМП выделение энергии будет иным, чем при больших. Однако литературных данных о проводимостях тканей при очень малых амплитудах ЭМП нами найдено не было. По-видимому, этот вопрос вообще не возникал и требует исследований.

Для нетепловых воздействий вопрос также, по-видимому, не изучен. В принципе, если амплитуда ЭМП ниже порога в соответствующем интервале частот, то, видимо, необходимо исключать его вклад в дозовую нагрузку. Следует отметить, что известны исследования (см., например, [4]), в которых показано воздействие электромагнитного шума на снижение биологического действия ЭМП с большими амплитудами. Это также принципиальный вопрос, требующий расширения таких исследований.

Далее, исходя из предупредительного принципа, не будем принимать во внимание возможное существование порогов нетепловых воздействий ЭМП.

Имеется достаточно распространенное мнение, что если электромагнитная обстановка удовлетворяет требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры, то она тем более удовлетворяет требованиям электромагнитной безопасности для человека. В случае непрерывного широкополосного фона это не соответствует действительности и может приводить к крайне нежелательным последствиям [24, 25]. В качестве примера в [24, 25] рассмотрен случай, когда уровень фона электрического поля определен условиями ЭМС на Российском Сегменте МКС в диапазоне частот от 0.1 до 300 МГц включительно. Ширина полосы пропускания при разбиении фона выбиралась в соответствии с требованиями Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) и входящем в нее Международным комитетом по радиопомехам, причем предполагалось, что в каждой полосе имеется лишь один виртуальный источник. Расчет показал, что дозовая нагрузка в единицах ПДУ, регламентированных ГОСТ Р 50804-95, составляет около  $10^2$  [24, 25].

Таким образом, в случае квазинепрерывного фона ЭМП уровень, регламентируемый требованиями ЭМС, может создавать неприемлемую нагрузку для человека.

Необходимо подчеркнуть, что в расчетах учитывали только излучаемый электрический компонент, причем в ограниченном частотном диапазоне от 0, 01 МГц до 300 МГц. Уровень этого фона можно считать приемлемым в данном случае, только если он два порядка ниже уровня ЭМС для РС МКС. Если же учитывать магнитный компонент поля и другие помехи и не ограничивать сверху интервал частот величиной 300 МГц, то ограничения должны быть еще более жесткими.



Аналогичная ситуация возникает в отношении собственного излучения аппаратуры, удовлетворяющего условиям ЭМС для Российского сегмента МКС, как показано в работе [25].

Это существенно не только для борта, но и для случаев, когда аппаратура находится в замкнутом пространстве, которое в какой-то мере экранировано от внешних ЭМП (например, для электрически экранированных помещений с находящимися в них комплексами аппаратуры, служащими для обработки больших массивов информации, и т.п.).

Заметим, что приведенный анализ он близок к реальной ситуации. Нередко аппаратура генерирует фоновое ЭМП в очень широком диапазоне частот, что, вообще говоря, неприемлемо.

При испытании аппаратуры на ЭМС необходимо одновременно исследовать, удовлетворяет ли аппаратура требованиям биоэлектромагнитной безопасности для человека. При этом исследования следует проводить во всем требуемом частотном диапазоне ЭМС, не прекращая измерений тогда, когда оказывается, что величины полей лежат значительно ниже уровней, регламентированных требованиями ЭМС. Даже в этих случаях вклад в дозовую нагрузку для человека может оказаться заметным.

Схемное решение аппаратуры для измерения и мониторинга ЭМП на борту с учетом вышесказанного в общих чертах может быть следующим.

После соответствующей обработки (усиления и т.п.) сигналы датчиков электромагнитного поля поступают на спектроанализатор, к выходу которого подключен микропроцессор. В микропроцессор занесены данные о зависимости суммарной чувствительности детекторов и каналов последующей обработки сигналов от частоты, а также о зависимости от частоты ПДУ в выбранном Стандарте. Микропроцессор, во-первых, осуществляет корректировку данных спектроанализатора, деля их на чувствительность по частоте и создавая тем самым «плато» чувствительности по спектру. Это позволяет избежать трудоемкой и не всегда приносящей удовлетворительные результаты работы по «сглаживанию» зависимости характеристик датчиков и последующей каналов обработки сигналов от частоты. Во-вторых, пересчитывая вклад каждой линии спектра в дозовую нагрузку путем деления ее величины на нормативные значения ПДУ для данной частоты и суммируя результаты по всему спектру, микропроцессор выдает суммарную дозовую нагрузку в единицах ПДУ.

Аналогичный подход можно использовать в наземной аппаратуре для экологических целей. При этом в микропроцессор можно ввести несколько стандартов (например, для профессионального облучения и для населения, стандарты разных стран, рекомендации международных организаций), чтобы иметь возможность всесторонней оценки полученных данных.

В принципе в аппаратуре желательно предусмотреть возможность оценки, в какой зоне излучателя ЭМП (ближней, промежуточной или дальней) находится исследуемая область. Вопрос, о том, как это можно осуществить, и о каких особенностях воздействия ЭМП можно говорить в этих случаях, был затронут нами в работе [24]. Конечно, техническое решение будет непростым, тем более, для замкнутых объемов, экранированных проводящим материалом, к которым как раз и относятся космические пилотируемые объекты. В этом случае может иметь место многократное отражение ЭМП от проводящих стенок, причем при последовательных отражениях ближняя зона может трансформироваться в промежуточную, а промежуточная – в дальнюю, т.е. будет создаваться смешанное поле ЭМП. Однако соответствующие исследования, на наш взгляд, необходимы.

В заключение кратко остановимся на перспективах применения ЭМП для диагностики и стимуляции организма в космическом полете, особенно, длительном и дальнем.

Одна из возможностей — радиотермометрия, основанная на регистрации теплового излучения организма в диапазоне сверхвысоких частот, где его интенсивность пропорциональна абсолютной температуре. Собственное радиоизлучение может выходить из глубины, что отличает радиотермометрию от инфракрасного тепловидения, при котором регистрируется лишь температура поверхности. В исследованиях с участием добровольцев, выполненных в ИМБП, радиотермометрия показала свою эффективность, в частности, при прогнозировании физической работоспособности человека. По динамике роста температуры мышц при нагрузке возможно судить об их работоспособности при предстоящей физической нагрузке (например, при внекорабельной деятельности и деятельности на поверхности планеты и т.п.). Возможно прогнозировать развитие болезни движения, оценивать общее состояние организма, выявлять глубинные воспаления и т.п. (см., например, [26, 27]).

Представляет интерес использование импульсных магнитных полей для стимуляции и коррекции состояния организма космонавта.

При воздействии импульсного магнитного поля в органах и тканях возникают вихревые электрические поля и токи. В отличие от традиционной электростимуляции распределение этих полей определяется лишь топографией магнитного поля индуктора и не зависит ни от электрических свойств тканей, ни от индивидуальных особенностей организма. Стимуляция может осуществляться на большую глубину через одежду, повязки, гипс, неметаллические шины, лангеты и т.д. [28, 29].

Не исключено также возможное использование радиопротекторных свойств некоторых ЭМП, о существовании чего сообщалось, например, в ряде работ (например, в [30]). Разумеется, необходимо дополнительное подтверждение этих данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dubrov A.P. // Geomagnetic Field and Life. Geomagnetobiology. N.Y, L. Plenum Press. 1978. 310 p.
2. Нахильницкая З.Н, Климовская Л.Д., Смирнова Н.П., Стржижовский А.Д. Магнитное поле и жизнедеятельность организмов. Монография «Пробл. космич. биол.». М.: Наука. 1978. Т.37. 267 с.
3. Копанев В.И., Шакула А.В. Влияние гипوماгнитного поля на биологические объекты. Л.: Наука. 1985. 73 с.
4. Бинги В.И. // Магнитобиология. Эксперименты и модели. М.: МИЛТА. 2000. 502 с.
5. Binhi V.N. Magnetobiology: Onderlying Physical Problems. Academic Press. London. 2002
6. Николаев Ю.С., Рудаков Я.Я., Мансуров С.М., Мансурова Л.Г. Секторная структура ММП и нарушения деятельности центральной нервной системы. В многографии «Пробл. космич. биол.». Т. 43. М.: Наука. 1982. С. 51-59.
7. Ачкасова Ю.Н., Бобова В.П., Брызгунова Н.И., Владимирский В.М., Секторная структура ММП и размножение бактерий в лабораторном эксперименте. // Солнеч. данные. №1. 1978. С. 129-131.
8. Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы. // 2003. УФН. 173(3).С. 265-300.
9. Труханов К.А. Некоторые магнитобиологические проблемы (гипомагнитность межпланетной среды и др.) дальних и длительных космических экспедиций. // Материалы XII конференции по космической биологии и авиакосмической медицине / Под ред. А.И. Григорьева и Е.А. Ильина. Москва. ГНЦ РФ-ИМБП РАН. 2002. С. 328 – 329.
10. Trukhanov K.A. Hypomagnetic conditions in interplanetary medium as peculiarity of Martian expedition. // In: Abstracts for COSPAR Second Coll. "Radiation safety for manned mission to Mars", 29.09-01-10.2003, Dubna, Russia, p. 71.
11. Труханов К.А. Некоторые магнитобиологические аспекты длительных и дальних космических полетов. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43. В.1. С. 584-589.
12. Sakovich V.A., Semenov V.F. Dudkin V.E. et al. Conception of radiation safety and estimate shield mass at Mars manned expedition. // Abstracts for COSPAR Second Coll. "Radiation safety for manned mission to Mars", 29.09-01-10.2003. Dubna. Russia. P. 83.
1. Пилотируемая экспедиция на Марс./Под ред. А.С. Коротеева.-М.: Российская академия им. К.Э. Циолковского, 2006, 320 с.
2. Trukhanov K.A., Lugansky L.B. "Artificial" geomagnetic field on manned spacecrafts. // 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.131-132.
3. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные поля как один из неблагоприятных факторов среды. // В материалах Международного совещания «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование». Ред. М.Х. Репачоли, Н.Б. Рубцова, А.М. Муц. Изд. ВОЗ. Женева. 1999. WHO/SDE/OEN/99.5. P. 237 – 246.
  4. Kovalenok V.V., Avakyan S.V., Voronin N.A., Borovkova O.K. Important problem of manned space 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.131-132.
  5. Труханов К.А., Шевнин А.Д. Электромагнитные поля, возникающие при движении в геомагнитном поле. // В кн. Электромагнитные поля в биосфере/ Под ред. Н.В. Красногорской. М.: Наука. 1984. Т.1. С. 109-117.
  6. Баевский Р.М., Бреус Т.К., Никулина Г.А. и др. // Влияние изменений магнитного поля Земли на функциональное состояние человека в условиях космического полета. // Препринт Института космических исследований (ИКИ) РАН. Пр-1987. 1998. 37 с.
  7. Baevsky R.V., Petrov V.M., Chernikova A.G. Regulation of autonomic nervous system in space and magnetic storms.//1998. Adv. Space Res. V. 22, P. 227-234.
  8. Луговенко В.Н. Статистический анализ аномального магнитного поля. М.: Наука. 1974. 200 с.
  9. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М. 2004.169 с.
  10. Marino A.A., Becker R.O., Hart F.X., Anders F., Jn. Space osteoporosis. An Electromagnetic Hypothesis.// 1979. Aviat. Space and Environ. Med. V. 50. N 4. P.409 – 411.
  11. Шабельников В.Г., Труханов К.А. Неионизирующие излучения (магнитные поля) на орбитальной станции «МИР»// Материалы XII конференции по космической биологии и авиакосмической медицине / Под ред. А.И. Григорьева и Е.А. Ильина. Москва. ГНЦ РФ-ИМБП РАН. 2002. С. 351-352.
  12. Григорьев Ю.Г., Труханов К.А., Васин А.Л. // Электромагнитные поля и здоровье человека / Под общей ред. Ю.Г. Григорьева. Изд-во РУДН. 2002. Глава 7. Избранные вопросы теории биологического действия электромагнитных полей. С. 124- 140.
  13. Васин А. Л., Труханов К. А. Оценка вклада широкополосного квази-непрерывного электромагнитного фона в дозовую нагрузку // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43. В.5. С. 590-593.
  14. Труханов К.А. Некоторые вопросы электромагнитной и биоэлектромагнитной совместимости. // Ежегодник Российского Национального

- Комитета по защите от неионизирующих излучений за 2005 г., С. 199-205.
15. Труханов К.А.. Измерение глубинной температуры методом радиотермометрии при моделировании воздействия некоторых экстремальных факторов на организм человека. //Труды 2-ой Международной Конференции “Радиоэлектроника в медицинской диагностике: оценка функций и состояния организма”. Москва, 23-26.09.1997. С. 78-80.
  16. Trukhanov K.A. Promising method for determination of temperature in depth at simulation of action of space flight factors // Proc. Second Aerospace Congress. Moscow. 31.08-5.09.1997. V.I. P. 208-211.
  17. Кондратьев В.А., Труханов А.К., Труханов К.А. Электрические поля, возбуждаемые переменными магнитными полями в биологических объектах, и методы их расчета. Материалы III международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и биотехнологии ФРЭМБ’98 (PRMB’98)»17-19.06.98. г. Владимир. С. 208- 2210.
  18. Гимранов Р.Ф. // Электромагнитные поля и здоровье человека / Под общей ред. Ю.Г. Григорьева. Изд-во РУДН. 2002. Глава 9. Физические основы и условия технической и медицинской безопасности при транскраниальной магнитной стимуляции. С. 162- 173.
  19. Zuyev V.G., Devyatkova N.S., Lobkaeva L.P., Afanasiev R.V. Radiomodification effect of low-frequency alternating magnetic field. // 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. 162-163.

## HUMAN BEING AND EMF AT MANNED FLIGHTS

*K.A.Trukhanov*

*RF State Research Center - Institute for Biomedical Problems,  
Russian Academy of Sciences, Moscow*

Cosmonauts at interplanetary flights and at the Moon base will be longitudinally far beyond of the habitual geomagnetic field (GMF). Undesirable biological phenomena will take place in the case. The possibility of creating the “artificial” GMF onboard using special magnetic systems is discussed.

It is also considered possibility to compensate periodic oscillations of GMF level onboard due to changes of the space station geomagnetic coordinates at the orbital flight. The oscillations negatively affect the cosmonaut’s organism both during the flight and during their adaptation after the landing. It

is proposed to quench the oscillations using the solenoid magnetic system controlled with the magnetometer tuned to some constant total magnetic field level in the main pressurized compartment. Low-frequency oscillations of the magnetic field similar to GMF oscillations may be provided if necessary.

Diversified systems and apparatus of future spacecrafts (especially interplanetary spacecrafts) will create EMF background with quasi-continuous frequency spectrum. Such background must be considered as host of virtual sources. Even if each virtual source is far less than maximum permissible exposure the total exposure may be high.

Possible use of radio-thermometry for crewmember's diagnostic and possibilities of impulse magnetic stimulation for correction of cosmonaut's functional state at interplanetary flights are touched too.

## РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА, УСКОРЕННОЕ СТАРЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭМП РЧ НЕТЕПЛОВЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ, А ТАКЖЕ РЯДА ДРУГИХ СТРЕССОРНЫХ ФАКТОРОВ (К ВОПРОСАМ НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ)

*А.В. Шафиркин<sup>1</sup>, А.Л. Васин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва,*

<sup>2</sup>*Государственный научный центр – Институт биофизики ФМБА России, Москва*

В обобщающей монографии [1], посвященной проблемам радиационного риска воздействия на человека ионизирующих излучений (ИИ) на Земле и в условиях космического полета, рассматривается концепция приемлемого риска, которая наиболее полно разработана Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). В публикациях N 8 и 9 и ряде последующих публикаций (N 22, 26 и 60) МКРЗ указывает, что всякое облучение ионизирующей радиацией связано с определенной степенью риска и что не существует абсолютно безопасных уровней воздействия. Комиссия рекомендует избегать любого облучения, не вызванного необходимостью, и поддерживать дозы облучения на таких низких уровнях, какие только реально можно достигнуть с учетом экономических и социальных соображений. Этот принцип, известный как принцип ALARA (сокращенная аббревиатура английского выражения "as low as is reality achievable"), получил широкое признание и им обычно руководствуются в практической деятельности при нормировании воздействия ИИ на Земле и в космосе. Во многих радиобиологических исследованиях при построении моделей формирования радиационного поражения организма и описания возможного сокращения продолжительности жизни млекопитающих после острых повторных и протяженных воздействий ИИ используется в той или иной форме понятие необратимой части радиационного поражения. Многие исследователи процесса старения в геронтологии признают наличие ускоренного старения организма при действии ИИ [2–4].

Одним из авторов настоящей статьи предложена модель радиационной скорости смертности млекопитающих, которая позволила достаточно точно описать характер трансформации зависимых от возраста коэффициентов смертности млекопитающих после острых и хронических облучений [5]. Ведущими гипотезами, которые были положены в основу модели, явились с одной стороны предположение, что суммарный объем компенсаторных резервов организма, обусловленный генотипом, достигает макси-

мального значения  $Q_0$  в процессе развития организма к периоду половой зрелости, а начиная с некоторого возраста  $t_0$  неуклонно сокращается по экспоненциальному закону

$$Q(t-t_0)=Q_0 \exp[-\lambda_0 (t-t_0)] \quad (1).$$

С другой стороны было предположено, что вероятность гибели организма обратно пропорциональна величине компенсаторных резервов организма так, что зависимость коэффициентов смертности от возраста может быть представлена следующим уравнением:

$$\mu(t-t_0) = \mu_0 \exp[\lambda_0 (t-t_0)].$$

Это хорошо известный закон Гомперца, широко используемый в демографии уже в течение почти 2-х столетий, подтверждаемый результатами медицинской статистики и демографическими данными об изменении с возрастом коэффициентов смертности населения во всех странах мира (ежегодники мировой санитарной статистики ВОЗ, данные за 1969–1992 гг. [6, 7] и Российские ежегодники, данные Росстата 1992–2005 гг. [8, 9]).

На рис.1 в качестве примера представлены данные по изменению с возрастом средних величин суммарного объема компенсаторных резервов организма для мужского населения России, бывших стран Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) и Японии в 1990–1991 гг. Как видно из данных, представленных на рисунке, наблюдается экспоненциальный закон снижения компенсаторных резервов с возрастом, начиная с 10–12-ти летнего возраста, соответствующего максимальной устойчивости организма и минимальной вероятности смертности в этот период. При значительном уменьшении общего объема компенсаторных резервов организма в пожилом возрасте сильно снижаются адаптационные возможности организма человека и его устойчивость к внешним экстремальным воздействиям, что определяет увеличение частоты заболеваемости и значительно увеличивает риск смертности. Можно представить, что существует предельное граничное значение объема компенсаторных резервов организма  $Q_T(T)$ , несовместимое с возможностью длительного поддержания жизни, наступает срыв адаптационных процессов и гибель в ближайшие дни или месяцы. На рис.1 представлены средние значения для большой популяции, а индивидуальные значения компенсаторных резервов подвержены значительной вариации (в том числе и максимальное значение  $Q_0$ ), что обусловлено с одной стороны генотипом, а с другой условиями жизни в период развития организма. Этот разброс может увеличиваться с возрастом из-за различной скорости старения организма у отдельных индивидуумов. Варьирует при этом и время достижения предельного значения  $Q_T$ , что обуславливает индивидуальные различия в продолжительности жизни.



**Суммарный объем компенсаторных резервов организма у мужчин ряда стран в зависимости от возраста (1990-1991гг)**

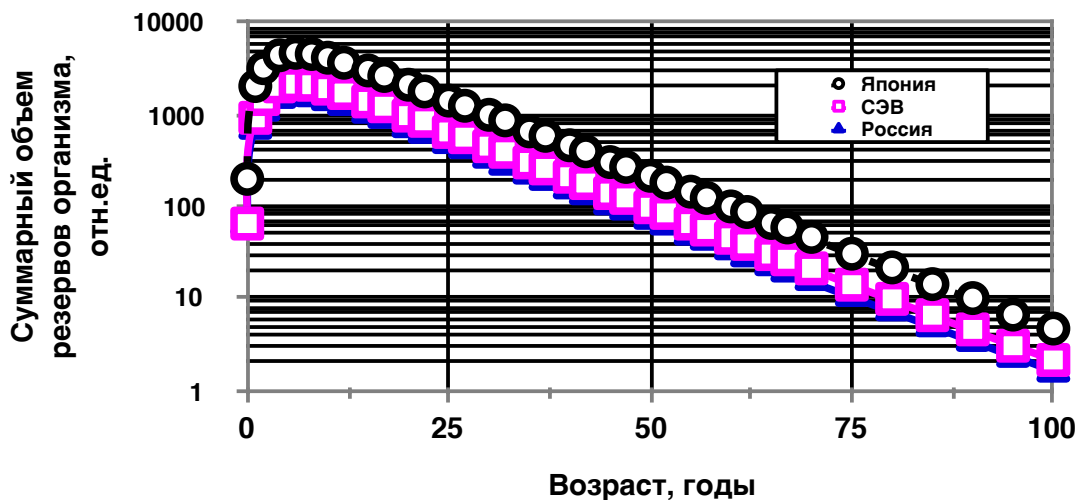


Рисунок 1 - Зависимость от возраста суммарного объема компенсаторных резервов организма мужчин разных стран к 1990-1991 гг. (усредненные значения по популяции).

Для рассматриваемого на рис.1 периода (1990–1991 гг.) величины суммарного объема компенсаторных резервов у мужчин России и стран СЭВ были очень близкими, что обуславливало также близкую зависимость коэффициентов смертности от возраста и значений средней продолжительности предстоящей жизни (СППЖ) мужчин в этих странах. Более высокий уровень компенсаторных резервов у мужчин Японии определил меньшие значения коэффициентов смертности и большую почти на 12 лет продолжительность жизни к 1990 г. по сравнению с Россией (рис.2.).

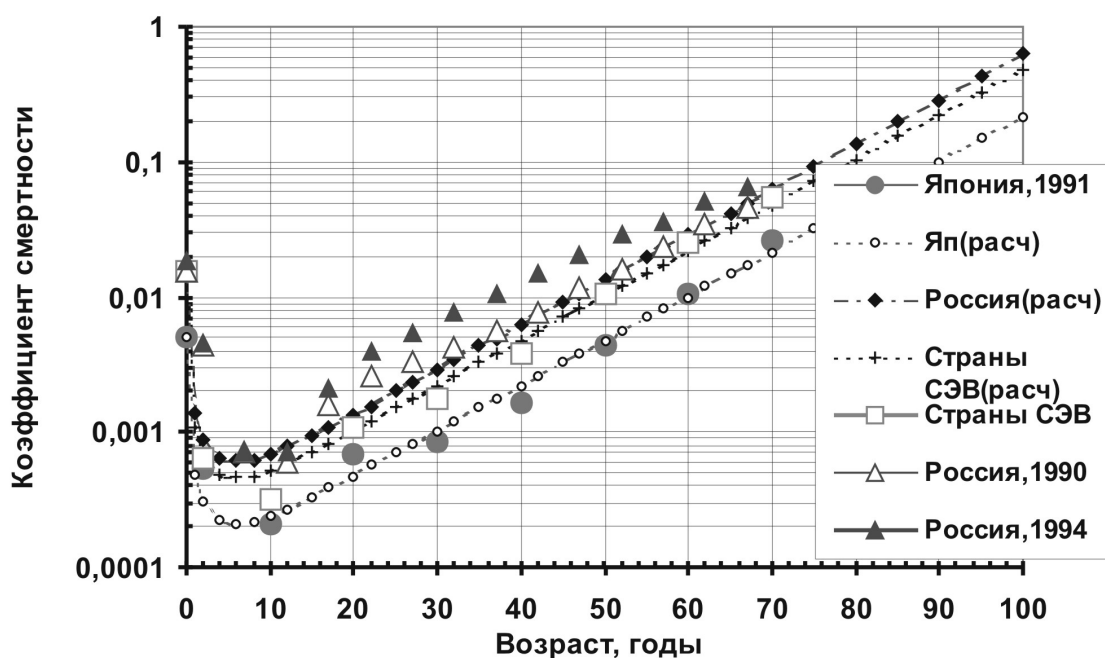


Рисунок 2 - Зависимость от возраста коэффициентов смертности мужчин ряда стран в 1990–1991 гг. и их изменение в России к 1994 г.

Указанное различие к 1991 г. по сравнению с Японией было связано с длительным негативным воздействием в нашей стране ряда экологических факторов (повышенным радиационным фоном в части районов и особенно химическим загрязнением окружающей среды в регионах с широкой транспортной сетью, активным промышленным производством) и недостаточными природоохранными мероприятиями. Существенное отличие демографических показателей было и со странами Западной Европы (разница в продолжительности жизни мужчин к 1990–1991 гг. достигла также 10 лет).

Кардинальные экономические преобразования в нашей стране с 1991 г. привели к резкому увеличению интенсивности социального стресса и психоэмоциональной напряженности, негативно действующих на здоровье особенно мужского населения нашей страны трудоспособного возраста. Длительно действующий социальный стресс привел к ускоренному старению, резкому снижению общего объема компенсаторных резервов организма, существенному увеличению заболеваемости и смертности населения. Всего за три года в период 1991–1994 гг. коэффициенты смертности у мужчин России в возрасте 25–50 лет увеличились почти на 80%, а продолжительность жизни снизилась дополнительно на 7 лет так, что отличие СПЖ для мужчин России по сравнению с Японией составило уже почти 20 лет (рис.2). Скорость ежегодного приращения логарифмов

коэффициентов смертности мужчин России за период 1991–1994 гг. увеличилась почти в 10 раз по сравнению с периодом 1960–1990 гг. [10–12].

Исследованию характера изменения резервов организма и функциональной способности различных его систем с возрастом посвящен еще ряд работ, в которых авторы определяли индивидуальный портрет состояния здоровья людей разного возраста. Сотрудниками Института медико-биологических проблем РАН под руководством академика РАН А.И. Григорьева совместно с Ассоциацией «Народный Спорт-Парк», возглавляемой профессором В.А. Орловым, разработана общедоступная, медико-оздоровительная технология «Навигатор здоровья», позволяющая сравнительно быстро, без использования инвазивных методик, на основе обобщенного показателя состояния систем организма проводить донозологическую оценку соматического здоровья человека, состояния его компенсаторных резервов и наличие факторов риска заболеваний [13–14]. Эта методика получила одобрение в Министерстве Здравоохранения РФ в 2001 г. На рис.3 показана представленная авторами разработки качественная картина, поясняющая характер изменения резервов здоровья человека в России и в развитых странах с возрастом и объясняющая значительное снижение продолжительности жизни в России.

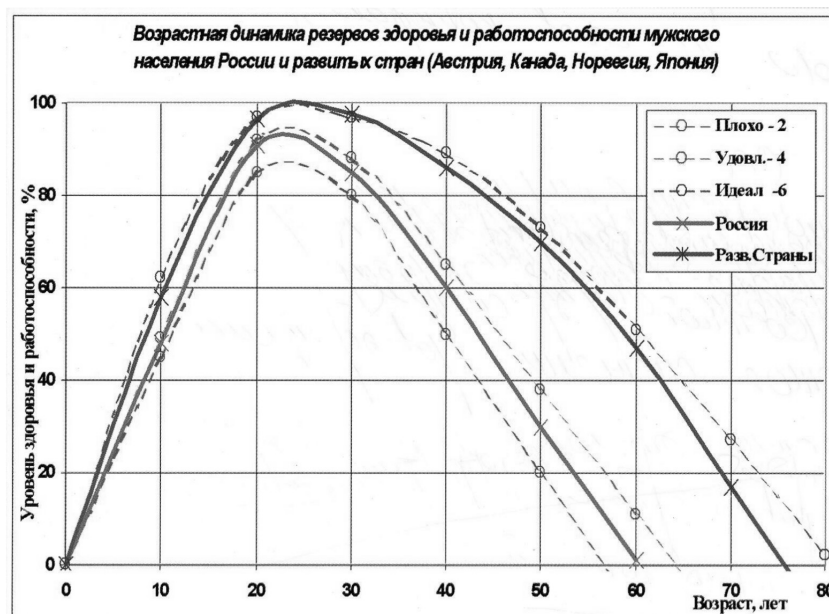


Рисунок 3 - Качественный характер изменения резервов организма и уровня здоровья человека с возрастом (по материалам [13–14]).

Проведение оздоровительных и тренировочных мероприятий, а также исследование в динамике изменения здоровья на основе предложенного индекса физического здоровья человека, отражающего состояние его физиологических систем и адаптационных резервов организма, позволяет человеку следить за собственным здоровьем, целенаправленно и активно

способствовать его укреплению, оценивать свой физиологический возраст и сравнивать показатели своего здоровья со средними данными для исследуемой когорты населения, а также с параметрами идеального здоровья, в большей степени характерного для развитых стран Европы, США, Японии.

Развитие модели радиационной скорости смертности млекопитающих позволило представить аналитические выражения для изменения характера зависимостей от возраста компенсаторных резервов организма, а также возрастных зависимостей коэффициентов смертности в условиях длительного действия других неблагоприятных антропогенных факторов на человека. На схеме (рис.4) показано влияние действующих факторов окружающей среды ИИ, электромагнитных излучений (ЭМИ), химического загрязнения (ХЗ), в зависимости от их интенсивности, на скорость снижения компенсаторных резервов организма и повышение заболеваемости.

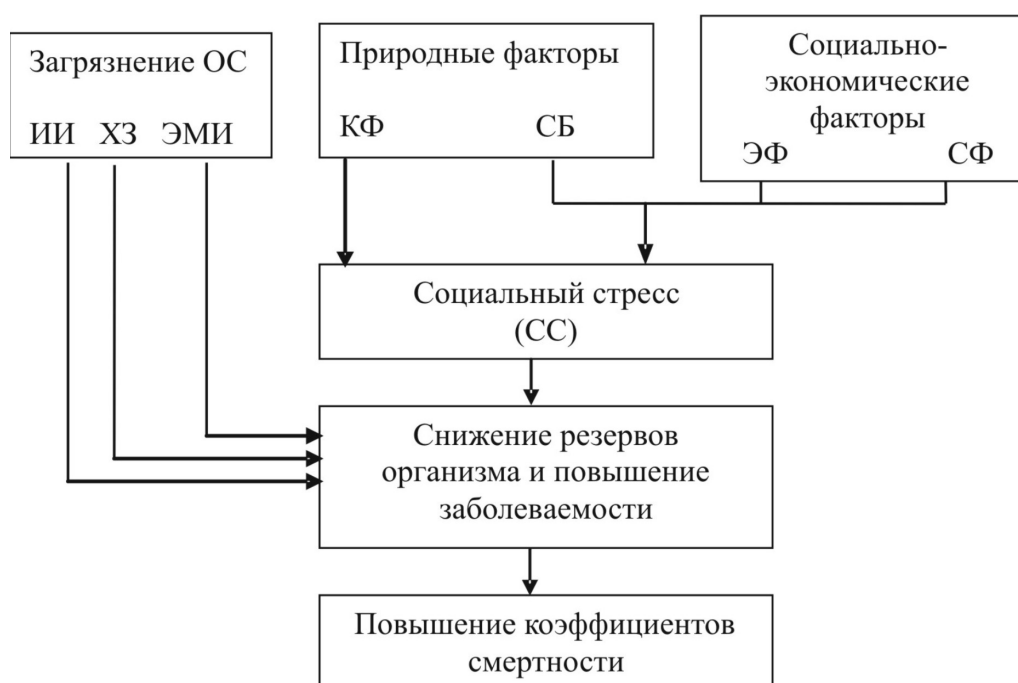


Рисунок 4 - Схема действующих факторов, влияющих на здоровье населения

На интенсивность социального стресса (СС) и степень психоэмоциональной напряженности в максимальной степени оказывают влияние экономические факторы (ЭФ) и социальные факторы (СФ), определяющие качество жизни населения. На выраженность СС также влияют стихийные бедствия (СБ) в регионах и в некоторой степени климатические факторы (КФ).

В работе [12] представлено аналитическое выражение для изменения во времени средних значений возрастных коэффициентов смертности на-

селения  $\mu^{к0}(t-t_0)$  в зависимости от интенсивности действия указанных антропогенных факторов, которое имеет следующий вид:

$$\mu^{к0}(t-t_0) = \mu(t_0) \cdot \exp[(\lambda_0 + B_P \gamma + B_X I_X + B_C I_C) \cdot (t - t_0)] \quad (3)$$

где  $t_0$  — время начала действия рассматриваемых факторов;

$\lambda_0$  — коэффициент, определяющий нормальный процесс старения организма и увеличение коэффициентов смертности с возрастом;

$\mu(t-t_0) = \mu(t_0) \cdot \exp[\lambda_0 (t-t_0)]$  — изменение во времени возрастных коэффициентов смертности для выбранной когорты населения в результате старения в условиях нормального качества жизни и хорошего состояния экологии.

Второй член в квадратных скобках в выражении (3) характеризует ускорение степени снижения компенсаторных резервов организма (ускорение процесса старения) и возрастание коэффициентов смертности в результате хронического воздействия ИИ с мощностью дозы  $\gamma$  (сЗв/год). Третий член в квадратных скобках характеризует ускорение процесса старения за счет химического загрязнения окружающей среды с обобщенным показателем интенсивности химической нагрузки  $I_X$ ; последний член в этом выражении определяет ускоренное старение в результате увеличения интенсивности социального стресса  $I_C$  и психоэмоциональной напряженности. Уравнение (3) может быть использовано не только для выбранной по полу и возрасту когорты, но и для оценки изменения средних значений коэффициентов смертности в целом для всего населения рассматриваемого региона страны или в целом для России.

В принципе в выражение (3) может входить член, связанный с длительным воздействием на профессиональных работников и население ЭМП высоких и сверхвысоких частот, получившее в настоящее время очень широкое распространение в технике и в быту. Широта спектра электромагнитного излучения (ЭМИ), увеличивающиеся интенсивности воздействия и всеобщий охват населения требуют включения в анализ опасности также этого фактора. Тогда выражение для изменения коэффициентов смертности будет иметь следующий вид:

$$\mu^{к0}(t-t_0) = \mu(t_0) \exp[(\lambda_0 + B_P \gamma + B_X I_X + B_{ЭМИ} I_{ЭМИ} + B_C I_C) (t - t_0)] \quad (4)$$

На основе модели радиационной скорости смертности млекопитающих и анализа данных радиобиологических исследований получено значение параметра  $B_P$  при мощности дозы в условиях протяженного воздействия ИИ, которое оказалось равным  $0,0009 \text{ 1/сГр}$  [5]. С использованием этой модели нам удалось разработать алгоритм и рассчитать значения суммарного радиационного риска в течение всей жизни космонавтов, а также оценить возможное сокращение продолжительности жизни после

межпланетного полета к Марсу за различной толщиной защиты космического аппарата или после нескольких длительных полетов на орбитальных станциях «Мир» и «МКС» [15–17].

На основе сопоставления разных уровней загрязнения воздушного бассейна в городах с большим количеством промышленных предприятий и развитой сетью транспорта с негативными последствиями этого воздействия на здоровье населения этих городов в работах [12, 18] установлено значение параметра  $V_{\text{х}}=0,009$  1/год при интенсивности химического загрязнения окружающей среды  $I_{\text{х}}$ . Показано также, что обобщенный показатель интенсивности химической нагрузки  $I_{\text{х}}$  может в настоящее время быть определен на основе выражения  $\ln(W/W_{\text{п}})$ , где  $W$  (тыс.тонн/год) — общий объем выбросов вредных веществ в атмосферу от промышленных источников и транспорта в различных регионах страны;  $W_{\text{п}}$  — пороговое значение выбросов, которое может каким-то образом быть утилизировано в природе (нейтрализовано за год) и не оказывает заметного влияния на изменение коэффициентов смертности населения региона. В этих работах показано, что в городах с большими уровнями выбросов вредных веществ в атмосферу уровень риска дополнительной смертности в течение жизни и оценки сокращения продолжительности жизни населения оказались больше чем риски при воздействии ИИ на персонал в течение всего профессионального периода его работы.

Параметр  $V_{\text{эми}}$ , перед интенсивностью электромагнитного излучения  $I_{\text{эми}}$  может быть в принципе установлен на основе сравнительного анализа данных эпидемиологических обследований профессиональных работников, подвергающихся воздействию ЭМИ, и отдельных когорт населения, не связанных с воздействием ЭМИ, при обнаружении более ранних возрастных изменений у профессионалов. Значение этого параметра и величины риска неблагоприятных отдаленных проявлений могут быть установлены в результате раздельного анализа данных эпидемиологических исследований при преимущественном воздействии ИИ и ЭМИ на основе сравнительного изучения и сопоставления в зависимости от интенсивности действующих факторов и стажа работы частоты нарушений в системе кровообращения, в центральной нервной системе и сердечно-сосудистой системе. Сравнительному исследованию могут быть подвержены материалы о более ранних возрастных изменениях, свидетельствующих об ускорении процессов старения. К таким материалам относятся данные о частоте нарушений мозгового кровообращения, об увеличении частоты заболеваемости сердечно-сосудистой и других систем организма [19, 20, 24].

В условиях коренных экономических преобразований в стране существенно возросла интенсивность социального стресса на население, что связано с изменением целого ряда социальных факторов, включающих экономическое положение семей и трудовые отношения. С 1990 г. отмечено

резкое снижение доходов в семьях, коренное снижение престижа и востребованности значительного числа профессий, распад большинства предприятий и увеличение уровня безработицы. В некоторых регионах психозональная напряженность и интенсивность выраженности стресса усиливалась дополнительно за счет стихийных бедствий и ограниченной помощи со стороны государства. Каждый из этих факторов в той или иной степени должен учитываться в выражении, определяющем интегральную интенсивность стресса, связанного с изменением качества жизни.

Таким образом, выражение (3) может быть представлено в виде:

$$\mu^{\text{эко}}(t-t_0) = \mu(t-t_0) \exp\{(0,0009 \gamma + 0,009 [\ln(W/W_{\text{п}})] + B_{\text{эми}} I_{\text{эми}} + \sum_{i=1}^n B_{\text{сi}} I_{\text{сi}})(t-t_0)\} \quad (5)$$

С использованием уравнения (5) на основе сопоставления значения коэффициентов можно проводить сопоставление риска неблагоприятных отдаленных последствий для здоровья населения (суммарного риска в течение жизни человека и возможного сокращения продолжительности жизни) при раздельном или совместном воздействии рассматриваемых факторов различной интенсивности и продолжительности [12, 18–21].

Проведенный в этих работах ретроспективный анализ состояния здоровья населения нашей страны и отдельных регионов за период 1960–2002 гг. позволил уточнить параметры разработанной нами модели, количественно определяющей степень снижения физиологических и психических резервов организма при химическом загрязнении окружающей среды различной интенсивности и при длительном действии социального стресса. В некоторой степени это объясняет характер изменения коэффициентов смертности населения в периоды 1960–1990 гг. и в последующем периоде.

Выполненные на основе модели расчеты показали, что риск для здоровья населения химического загрязнения атмосферы в крупных промышленных центрах с развитой транспортной сетью в 1980–1991 гг. в таких городах, как Москва, Санкт-Петербург, Липецк, Омск, Челябинск был очень высоким. Большие объемы годовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу оказались по данным ежегодного приращения логарифмов коэффициентов смертности в 16 раз более высокими, чем оцениваемые значения риска от допустимого за год уровня воздействия ИИ для работников атомной промышленности, регламентируемого нормами радиационной безопасности НРБ-99 [22].

Чрезвычайные экономические преобразования в стране с 1991 г. привели к снижению существенно ниже прожиточного минимума (почти в 5 раз) уровня доходов в семьях, повышению уровня безработицы, потере привычных жизненных ориентиров, депрессии и длительному социальному стрессу. В определенной степени на интенсивность социального стресса оказало влияние кардинальное изменение приоритетов и шкалы

ценностей в обществе, а также морального климата, лишивших большинство населения надежды на улучшение своего положения в будущем и усиливших беспокойство за судьбу своих детей. Сравнительный анализ показал, что скорость ежегодного приращения логарифмов коэффициентов смертности в результате революционных экономических преобразований в стране за период с 1991 по 1994 гг. оказалась в среднем в 8,5 раз более высокой, чем комплексное воздействие химического, радиационного и других факторов за период 1960–1990 гг. [12, 21]. В большей степени социальный стресс оказал негативное влияние на мужчин работоспособного возраста 25–50 лет. Об этом также можно судить по данным, представленным на рис.2.

Анализ результатов хронических экспериментов при действии ИИ и ЭМИ высоких и сверхвысоких частот, а также здоровья в отдаленном периоде у представителей ряда профессиональных групп, подвергавшихся хроническому воздействию отдельных факторов [17, 19, 20, 23–25] показал, что имеет место неспецифический характер ответной реакции организма в полном соответствии с концепцией Г.Селье [26]. Продемонстрировано, что общим при длительном действии различных стрессорных факторов является первоначальное усиление нейроэндокринной регуляции и активация гипоталамо-гипофиз-надпочечниковой системы, а также усиление секреции других эндокринных желез, что является неотъемлемым звеном при формировании активной адаптации, способствующей временному усилению устойчивости организма к чрезвычайным раздражителям. Активная адаптация сопровождается достаточно высоким напряжением со стороны регуляторных систем, и подключением тем большего числа регуляторных механизмов, чем выше интенсивность действующего фактора. При этом имеет место большая, чем в норме, скорость истощения компенсаторных резервов организма, что способствует ускоренному старению. В условиях комплексного воздействия различных стрессорных факторов достаточно большой интенсивности процесс адаптации носит чрезвычайный характер, имеет место синергический эффект резкого усиления напряжения и даже перенапряжения регуляторных механизмов, что приводит к быстрому снижению общего объема компенсаторных резервов организма [5, 12, 17, 19, 20, 23–25].

В условиях значительного уменьшения объема компенсаторных резервов организма оказываются сниженными его адаптационные возможности и могут отмечаться срывы адаптации в случае дополнительных функциональных нагрузок. При этом резко увеличивается вероятность нарушений в системе кровообращения и риск возникновения различных заболеваний и прежде всего центральной нервной системы (ЦНС) и сердечно-сосудистой системы (ССС). Существенно ухудшаются показатели состояния других систем организма, и увеличивается частота жалоб на



плохое самочувствие. Все это обуславливает повышенную вероятность гибели в соответствии с рассмотренной выше концепцией.

Анализ отдаленной патологии через 35–45 лет у лиц, подвергавшихся бомбардировкам в Хиросиме и Нагасаки, у работников П/О «Маяк» Челябинской обл., начинавших работу в период становления предприятия в 1948–1950 гг. в условиях повышенных уровней воздействия ионизирующих излучений при суммарных дозах 150–200 сЗв и выше, а также у ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС подтвердил наличие кроме риска развития злокачественных опухолей более высоких значений радиационного риска, не связанного с канцерогенезом [15–17, 19–21, 27–33].

Уже в начальные периоды работы на предприятиях атомной промышленности в 50-е годы XX столетия, когда профессиональные работники подвергались облучению с относительно высокими значениями мощности дозы, отмечали сопутствующие нарушению кроветворения признаки вегето-сосудистой дистонии (ВСД) и астенического синдрома (АС), сопровождающиеся увеличением частоты жалоб на плохое самочувствие и сниженную работоспособность. В последующие годы, при снижении уровней облучения персонала за год, указанные проявления сглаживались. Однако в отдаленном периоде при суммарных дозах 1,5 Гр и выше учащались различные проявления нарушений в системе кровообращения, в том числе недостаточности мозгового кровообращения. В ряде работ при превышении указанного предела дозы отмечено некоторое увеличение частоты заболеваемости со стороны основных систем организма: центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Эпидемиологические исследования показывают, что при более высоких значениях поглощенных доз в пределах 2,5–4 Гр, пролонгируются нарушения мозгового кровообращения, а в старших возрастных группах наблюдается закономерное учащение гипертензии, церебрального атеросклероза, инфарктов и мозговых инсультов. Имеет место более раннее развитие этой патологии в более молодых возрастных группах [17, 19, 20, 27, 28].

В последние годы некоторые авторы выделяют ИИ среди экзогенных факторов риска цереброваскулярных болезней в связи с отмечаемыми в ряде экспериментальных работ дегенеративными изменениями нейронов в коре головного мозга, в том числе в гипоталамусе, в отдаленном периоде после облучения [19, 23, 24, 28, 29]. У лиц, пострадавших при атомном взрыве, в ряду причин смерти в старших возрастных группах отмечено учащение церебрального атеросклероза и мозгового инсульта. Впервые влияние облучения на смертность от болезней системы кровообращения, в частности от мозгового инсульта, отмечено при дозах 1,5–2,5 Зв при сроках наблюдения до 25 лет. При обследовании спустя 35 лет исследователи подтвердили увеличение смертности от болезней системы кровообра-

ния у лиц, облученных в дозе 2,0 Зв. Увеличение смертности было более выраженным, чем это могло быть обусловлено возрастом [17, 19, 27, 28].

Результаты обследования здоровья ликвидаторов аварии на ЧАЭС за период 1993–2000 гг. также показали существенное увеличение частоты нарушений в системе кровообращения по сравнению с одновозрастным контролем [30–33]. По данным работы [30] при исследовании церебральной гемодинамики у 460 ликвидаторов аварии возрасте до 45 лет в первые 3 года отмечены нарушения сердечно-сосудистой регуляции (ВСД). В последующие годы определялась хроническая недостаточность мозгового кровообращения на фоне нарастающей системной артериальной гипертензии. Дисциркуляторная энцефалопатия у ликвидаторов на фоне атеросклероза сосудов головного мозга характеризовалась значительным ускорением ее развития. Автор отмечает, что наблюдаемые изменения почти на 20 лет опережали календарные сроки ее развития в норме и выделяет лучевую модель ускоренного старения.

В последних исследованиях при анализе результатов 15 летних наблюдений ЛПА на ЧАЭС, которые проводили работы в 1986 г., ведущей патологией также являлись болезни системы кровообращения, распространенность которых была в 3–4 раза выше, чем в обычной популяции. При этом отмечено отчетливое увеличение частоты цереброваскулярных болезней (ЦВБ) и гипертонической болезни. Хроническая недостаточность мозгового кровообращения или дисциркуляторная энцефалопатия достигала в структуре ЦВБ у ЛПА 94%, а сама частота ЦВБ у ликвидаторов в возрасте 48–52 года достигала 30%. Основу клинической картины заболевания составляли когнитивные нарушения и расстройства эмоциональной сферы. Неврологический и нейропсихологический синдромы, отмечаемые у ЛПА 1986 г., указывали на патологические изменения глубоких областей коры головного мозга, что нашло свое морфофункциональное подтверждение по данным исследований с помощью эмиссионной однофотонной компьютерной томографии (ЭОКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). На сцинтиграммах различных срезов выявлены гипометаболические очаги, локализованные в глубоких отделах лобных, височных, теменных и затылочных долей [31, 33]. Все вышеуказанные данные свидетельствовали о развитии необратимых изменений в организме и об ускоренном старении в результате острых и хронических воздействий ИИ.

Основными источниками электромагнитных полей высоких и сверхвысоких частот, которые могут быть потенциально опасными для населения, являются: телекоммуникационное оборудование и связанные с ними устройства; медицинское, коммерческое и промышленное оборудование; СВЧ-печи; радары; радио и телевизионные передающие антенны, а также излучающее оборудование мобильных средств связи. В настоящее время

отмечается резкое увеличение общего уровня воздействия ЭМИ на человека. Это воздействие осуществляется в широком диапазоне частот, характеризуется сложным видом распределения интенсивности во времени и в пространстве, и имеет тенденцию все большего увеличения режимов генерации. В отличие от недавнего прошлого воздействию подвергаются не только профессионально работающие с источниками ЭМИ, но и все население во все возрастающем объеме, включая детей и подростков, 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 радиочастот (ЭМП РЧ) посвящено большое число международных конференций, симпозиумов. Решения этих международных форумов и предложения Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) показывают насколько остро воспринимается проблема возможных негативных эффектов воздействия электромагнитных полей на здоровье человека. Выдвигаются предположения, что причиной рака, изменения поведения, потери памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера и ряда других болезней может являться облучение ЭМП.

Особенно остро проходят дискуссии по вопросам стандартизации, поскольку до настоящего времени имеются существенные расхождения в научных подходах нормирования электромагнитных полей сверхвысоких частот (ЭМП СВЧ), существующие в России, в ряде европейских стран и США. В настоящее время расхождение предельных нормативных уровней интенсивностей в этом частотном диапазоне достигает 100 и даже 1000 раз. Эти различия относятся прежде всего к признанию или непризнанию возможности развития неблагоприятных биоэффектов под влиянием электромагнитного излучения нетепловой интенсивности (до 1 мВт/см<sup>2</sup>).

В США и ряде европейских стран более высокие нормативные уровни основаны лишь на острых кратковременных воздействиях ЭМП и на исключении заметного нагрева тканей организма (на исключении 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 диапазоне низких нетепловых интенсивностей в диапазоне высоких и сверхвысоких частот. Подробный анализ результатов экспериментальных исследований по хроническому действию ЭМИ ВЧ и СВЧ диапазонов низких нетепловых интенсивностей, а также длительных эпидемиологических наблюдений персонала, подвергавшегося воздействию ЭМИ в этих же частотных диапазонах проведен нами в работах [19, 20, 24].

Большой объем проведенных с 1960 года исследований по действию ЭМП высоких и сверхвысоких частот показал, что ответная реакция имеет

место на всех уровнях: клеточном, системном и организменном. Как и при действии других факторов можно выделить в качестве критических основные системы организма, ответственные за его адаптивный ответ. Это, прежде всего, нервная, эндокринная, иммунная и половая системы.

Как и при воздействии ИИ в работах [19, 34–36] отмечено наличие прямого действия ЭМП на мозг (непосредственное повреждение нейронов в коре головного мозга, подкорковых ганглиях, гипоталамусе). Авторы указывают на изменение проницаемости гематоэнцефалического барьера, нарушения памяти, состояния условно-рефлекторной деятельности. Показаны отчетливые изменения импульсации корковых нейронов под влиянием микроволнового облучения, что может приводить к нарушению передающей информации в более сложные структуры мозга, ответственные за регуляторные процессы в организме и его адапционный ответ. В частности показана возможность накопления изменений в гипоталамусе при повторных воздействиях ЭМП диапазона (1,5–3 ГГц).

В большом числе исследований [19, 20, 37, 38] наблюдали значительные изменения иммунного статуса организма. Отмечены нарушения клеточного и гуморального иммунитета при хроническом облучении животных низкими нетепловыми интенсивностями с ППЭ 50 мкВт/см<sup>2</sup> и более. Под влиянием ЭМП происходит снижение как общего количества антителобразующих клеток, так и угнетение функциональной активности Т-системы клеточного иммунитета. Имеет место снижение комплементарной активности сыворотки крови, наблюдается снижение титра комплемента. Показано, что ЭМП могут выступать индуктором развития аутоиммунных процессов в организме, которые фактически могут быть инициаторами формирования патологических звеньев, когда в организме последовательно с возрастающей скоростью образуются антитела или сенсibilизированные лимфоциты, направленные против собственных здоровых тканей. Это может быть связано не столько с изменением антигенной структуры тканей, сколько с развивающейся патологией иммунной системы, в результате чего она действует против нормальных тканевых антигенов.

Анализ биохимических данных позволил обнаружить, что длительное облучение крыс ЭМП СВЧ с ППЭ 100 мкВт/см<sup>2</sup> 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/см<sup>2</sup> [19, 20, 24]. 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.

Отмечаемое в экспериментах 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 трансферрина 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.

В ряде экспериментальных исследований показано серьезное ухудшение репродуктивной функции при хроническом облучении животных низкими нетепловыми интенсивностями (с плотностью потока энергии выше  $50 \text{ мкВт/см}^2$ ) [19, 20, 24].

Большинство исследователей общей неспецифической адаптационной реакции (ОНАР) организма при длительном воздействии различных факторов отмечают развитие трех последовательных стадий хронического стресса: стадии тревоги (ориентировочной реакции), стадии активации нейрогуморальной регуляции и гормональной активности, характеризуемой временным повышением резистентности организма и стадии истощения [26]. Увеличение нейросекреторной и гормональной активности на стадии активации является тем более выраженным, чем выше интенсивность стрессорного фактора, но это определяет и большую скорость снижения компенсаторных резервов организма и более раннее наступление стадии истощения.

В рассмотренных выше экспериментальных исследованиях по хроническому действию ЭМИ СВЧ низких нетепловых интенсивностей показано также, что одной из систем, наиболее рано и закономерно вовлекаемых в ответную реакцию организма является гипоталамо-гипофиз-надпочечниковая система (ГГНС). Как при действии ИИ [23, 28, 39, 40], 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 оказывается непосредственно зависимыми от плотности потока энергии

ЭМП [19, 20, 41]. При достаточно высоких значениях ППЭ (в нетепловом диапазоне) и чрезвычайно напряженной работе адаптационных систем отмечается быстрое истощение компенсаторных возможностей организма, наблюдается ускоренное старение и прогрессивное увеличение частоты различных нарушений в организме.

Материалы экспериментальных исследований и длительных гигиенических обследований профессиональных работников составили основу для нормирования ЭМП высоких и сверхвысоких частот. Были установлены значения порогов вредного действия (ПВД) и предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия этих излучений, которые лежали значительно ниже порогов теплового действия.

Несмотря на то, что предельные нормативные уровни воздействия микроволнового излучения для профессиональных работников и населения в нашей стране ниже, чем в странах Европы и США в 100 и 1000 раз соответственно, тем не менее, результаты длительных эпидемиологических наблюдений персонала, работающего в полях ЭМИ высоких и сверхвысоких частот, показывают серьезное ухудшение их здоровья.

Так при изучении длительного действия ЭМП на организм человека 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, характеризуются лабильностью пульса и артериального давления, болями в области сердца.

В работе [42] исследователи осуществляли 5-ти летнее наблюдения за состоянием здоровья работников промышленного предприятия, испытывающих и обслуживающих СВЧ генераторы. Значение ППЭ ЭМП в эти периоды изменялось в диапазоне 10–100 мкВт/см<sup>2</sup>. 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 патология со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем развивалась. При этом увеличивалась частота болезней системы кровообращения, наблюдали нейроциркуляторную дистонию преимущественно кардиального и гипертонического типа с признаками гипоталамической недостаточности с ангиоспастическими реакциями, которые в ряде случаев приводили к нарушениям мозгового и коронарного кровообращения.

Как при длительном действии ИИ на работников предприятий атомной промышленности, у работающих в электромагнитных полях СВЧ диапазона 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.

В работе [43] представлены данные клинических наблюдений за здоровьем женщин, тестирующих электронные приборы, подвергающихся воздействию ЭМИ с длиной волны 3–10 см (более 3 ГГц) с плотностью потока энергии (ППЭ) 10–50 мкВт/см<sup>2</sup>. Максимальное значение ППЭ в отдельные периоды не превышало 100 мкВт/см<sup>2</sup>. Авторы исследовали в динамике здоровье 70 женщин-контролеров, из которых 15 работниц обследовалась дважды, а 55 — три раза и более. При первоначальном обследовании средний возраст в группе был 28 лет и стаж работы 3 года и 8 месяцев. К моменту заключительного обследования средний возраст составил 31,7 лет, а стаж — 6 лет и 7 месяцев. Сравнивая картину жалоб сотрудниц на свое самочувствие после первого и второго обследования, можно сделать вывод о значительном ухудшении здоровья работниц, несмотря на небольшой срок между обследованиями. По большинству жалоб (головная боль, головокружение, повышенная усталость, нарушения сна, раздражительность, боли в области сердца) частота увеличивалась в 1,5–2,6 раза, а по расстройству памяти в 5,1 раз. Картина патологических изменений в различных системах у работниц и их частота при первом и втором обследовании представлены в таблице 1.

Функциональные нарушения в ЦНС, болезни сердечно-сосудистой системы и болезни желудочно-кишечного тракта диагностировались у работающих в ЭМП СВЧ более часто также, как это отмечали исследователи при изучении состояния здоровья регулировщиков радиопередающих приборов, работающих в ЭМП ВЧ [44]. Частота патологии значительно возрастает с увеличением продолжительности воздействия. Функциональные расстройства с ЦНС и ССС увеличиваются в 1,9 и 2,3 раза, а астенический синдром с вегетативными дисфункциями в 3,5 раза за промежуток между обследованиями около 3 лет, что свидетельствует о высокой скорости нарастания повреждений в организме при данной напряженности ЭМП и временном режиме нахождения работниц [43].

Оценивая эффективность воздействия на рабочих ЭМП СВЧ необходимо отметить, что скорость увеличения патологических изменений у обследованных женщин существенно превышает характер нарастания изменений с возрастом в рассматриваемой возрастной группе у лиц, не связанных с данным характером работ. Указанные в таблице 1 частоты нарушений в рассматриваемых системах и заболеваемости женщин превышают

частоты, соответствующие возрастной норме и могут быть свидетельствами ускоренного старения, что отмечали также авторы работы [44] при длительном действии на работников ЭМИ СВЧ.

Таблица 1. Картина патологических изменений и их частота, у работниц, подвергающихся воздействию ЭМИ СВЧ с плотностью потока энергии 10–50 мкВт/см<sup>2</sup> при первом и втором обследованиях, % [43].

Патологические изменения и отмечаемые синдромы	Первое обследование (n=70)	Последнее обследование (n=70)	Кратность изменения (Nп /Nн)	Значимость изменений
Функциональные расстройства в ЦНС	41,4±5,9	77,0±5,1	1,9	Очень значимые p<0,001
Болезни ССС	8,8±3,4	20,0±4,8	2,3	Значимые p<0,1
Болезни желудочно-кишечного тракта: гастриты, холециститы	2,8±2,0	8,5±3,4	3,0	Тенденция к увеличению
Астенический синдром с вегетативными дисфункциями	6,8±3,0	24,0±5,1	3,54	Очень значимые p<0,01

Проведенный анализ заболеваемости с временной утратой работоспособности у женщин, работающих с генераторами СВЧ, показал, что у них в возрасте 30–40 лет чаще встречаются болезни половых органов, осложнения беременности и родов, нарушения менструального цикла, увеличивается частота врожденных уродств [19, 45]. Таким образом, воздействие ЭМИ СВЧ с ППЭ 50 мкВт/см<sup>2</sup> и выше можно уже рассматривать как повреждающее, заметно ухудшающее состояние здоровья работниц.

Недавно были проведены обследования здоровья работников наземных служб Гражданской авиации: службы эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС), которые подвергались воздействию ЭМИ СВЧ с ППЭ от 170 до 2000 мкВт/см<sup>2</sup>, и авиадиспетчеров службы управления воздушным движением (УВД), которые являлись контрольной группой [20, 46]. Данные обследования показали, что в результате воздействия ЭМИ СВЧ почти в 4 раза увеличивалась частота болезней системы кровообращения у работников службы ЭРТОС. В возрастной группе 30–39 лет доля сотрудников с болезнями системы кровообращения составила



более 80%. Частота больных в возрасте 30–39 лет в основной группе превышала частоту в контроле в возрастной группе 40–49 лет. Авторы исследования делают предположение об ускоренном старении работников службы ЭРТОС и о возможном сокращении продолжительности жизни на 5–10 лет. Отмечена более высокая частота развития артериальной гипертензии в более молодой возрастной группе. В возрасте 30–39 лет около 40% сотрудников, подвергающихся воздействию ЭМП СВЧ, страдали этим заболеванием при 4,8% в контроле. Ишемическую болезнь сердца (ИБС) в основной группе наблюдали в 27,6% случаев по сравнению с 7,1% у авиадиспетчеров. К 50-ти годам 70% специалистов службы ЭРТОС страдали ИБС [20, 46]. Заключение об ускоренном старении и о возможном сокращении предстоящей продолжительности жизни у работников, подвергающихся длительному облучению ЭМИ ВЧ и СВЧ диапазонов представлено также в работах [19, 20, 42, 47].

Общим при длительном действии различных стрессорных факторов и вызванном этим значительным напряжением регуляторных процессов в организме является относительно большая скорость истощения его компенсаторных резервов [5, 12, 17, 19–21, 23, 24, 28, 42]. При значительно уменьшенном объеме компенсаторных резервов организма оказываются сниженными его адаптационные возможности. Даже после прекращения действия излучения (ИИ или ЭМИ) могут отмечаться срывы адаптации в случае дополнительного воздействия других физических факторов среды обитания человека. При этом резко увеличивается вероятность различных заболеваний (прежде всего со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем). Существенно ухудшаются показатели состояния других систем организма и увеличивается частота жалоб на плохое самочувствие. При действии различных факторов отмечается неспецифический характер отдаленных проявлений, связанных с увеличением частоты заболеваемости со стороны основных регуляторных систем организма. Сопоставляя данные о заболеваемости с одновозрастными контрольными группами, авторы исследований [19, 20, 24, 43, 44, 46, 47] приходят к выводу об ускоренном старении и возможном сокращении продолжительности жизни.

В работах [5, 12, 17–20, 28] показано, что при действии повышенных уровней воздействия ИИ имеет место ускоренное старение организма и возможное сокращение продолжительности жизни при дозах 100–400 сЗв оценивается от 1 до 4 лет. При длительном воздействии больших уровней загрязнения воздуха в городах с развитой промышленностью и широкой транспортной сетью также возможно сокращение продолжительности жизни на 5–10 лет. Значительное увеличение скорости снижения компенсаторных резервов организма и большая скорость возрастных изменений отмечена в работе [48] при оценке изменения показателей здоровья у лиц

опасных профессий, подвергающихся комплексному воздействию ряда экстремальных факторов. Автор работы также оценивает возможное сокращение продолжительности жизни равным 10 годам.

Такой же темп ускоренного старения продемонстрирован при оценке возрастных изменений показателей здоровья лиц, подвергающихся длительному воздействию ЭМП СВЧ с ППЭ и энергетическими экспозициями (ЭЭ) в пределах установленных в настоящее время нормативных значений. Эти нормативные значения интенсивностей и ЭЭ лежат значительно ниже порога теплового действия и, тем не менее, воздействие ЭМИ, как показано выше, приводит к неблагоприятным эффектам в целом ряде систем организма и к значительному ухудшению здоровья в отдаленном периоде.

Сравнивая характер и частоты жалоб на ухудшение самочувствия обследованных групп людей, частоты нарушений и заболеваемость в системе кровообращения, заболеваний центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистой системы и ряда других систем организма становится возможным сопоставить величины дозовых характеристик воздействующих факторов — ЭМП и ИИ. При выбранной длительности воздействия ЭМП действующим значениям ППЭ и ЭЭ могут соответствовать по своим отдаленным последствиям определенные значения мощности дозы и дозы ионизирующих излучений.

Представленный в литературе характер нарушений со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, а также частота соматических заболеваний лиц, работающих в ЭМП высоких и сверхвысокой частот, оказались аналогичны спектру нарушений в ЦНС и ССС, отмеченному при анализе результатов обследований работников предприятий атомной промышленности, подвергавшихся в 50-е годы прошлого столетия относительно высоким уровням воздействия ИИ от 150 до 400 сЗв [19, 20, 27, 28]. В настоящее время согласно нормам радиационной безопасности НРБ-99 предельное значение дозы ИИ за весь период работы для персонала равно 100 сЗв. При этом суммарный радиационный риск в течение жизни, оцениваемый для персонала, оказывается равным 3%, а сокращение продолжительности жизни около 1 года. При дозах 150–400 сЗв суммарный радиационный риск может превысить 12%, а сокращение продолжительности жизни 4 года. Эти оценки риска отдаленных эффектов воздействия радиации соизмеримы с выше указанными данными литературы по оценкам сокращения продолжительности жизни от воздействия электромагнитных излучений.

Все это с учетом изложенного показывает необходимость еще раз обратиться к подходам и критериям нормирования ЭМП особенно в диапазоне сверхвысоких частот. В ряде физиологических исследований для характеристики степени выраженности адаптационных процессов при

длительном действии отдельных физических факторов или комплексном воздействии ряда факторов вводили ряд понятий, определяющих последовательный переход от нормы к ряду донозологических (предболезненных) состояний и к патологии. Авторы работ [25, 49] оценивая состояние здоровья при длительном действии комплекса факторов на работников, кроме определения понятия нормы (удовлетворительная адаптация) вводят состояния, характеризуемые ими как активная адаптации, и неудовлетворительная адаптация, а также состояния, приводящие к срыву адаптации и развитию болезни. Указанные состояния подразделяются на основе степени напряжения и перенапряжения регуляторных механизмов и скорости истощения компенсаторных резервов организма.

В работе Б.М. Савина [50] рассматривается также несколько диапазонов (областей, зон), характеризующих напряженность адаптационных процессов при воздействии ЭМП различной интенсивности. Автор выделяет **подпороговую зону (зона 1)** нормальных реакций высокочувствительных реактивных систем без напряжения регуляторных механизмов при низкой интенсивности ЭМИ; **зону активной адаптации (зона 2)**, подразделяемую в свою очередь на три области, отличающиеся различной выраженностью адаптационных процессов и степенью напряжения со стороны основных регуляторных систем:

- **область слабой адаптации** и минимальных, не выходящих за пределы физиологической нормы функциональных сдвигов;

- **область активной адаптации**, для которой характерна большая выраженность изменений в системах организма во время воздействия и в периоде последствия;

- **область экстремальных воздействий**, характеризуемую многообразием реакций, сохранением функциональных сдвигов в течение длительного времени, а также развитием явлений кумулятивного необратимого характера. Он выделяет и особую область — **зону поражения (зона 3)**, когда имеет место формирование быстрых и стойких патологических изменений.

В качестве допустимых интенсивностей воздействия ЭМИ автор принимал такие, при которых имеет место активная адаптация, характеризующаяся стабилизацией возникающих изменений и активным включением регуляторных процессов. В качестве порога вредного действия в работе принималось предельное значение интенсивности действующего ЭМП, которое лежит на границе, разделяющей области активной и экстремальной адаптации, выше которой имеют место нарастающие со временем значительные функциональные изменения, характеризуемые выраженным напряжением регуляторных механизмов. Другие исследователи при анализе реакций организма при воздействии ЭМП или других физических факторов при определении ПВД принимали значение интенсивности, лежа-

щее на границе между областью экстремальной адаптации и зоной поражения.

В некоторых гигиенических исследованиях обосновывалась значимость тех или иных изменений в физиологических системах организма по степени отклонения показателей от среднего значения для генеральной совокупности на величины кратные тому или иному значению среднеквадратичного отклонения  $\pm\sigma$ ;  $\pm 1,5\sigma$ ;  $\pm 2\sigma$  и более  $\pm 2\sigma$ , которые могли бы служить основанием для характеристики степени напряжения регуляторных систем организма и характера протекания адаптационных процессов [51, 52]. Авторы этих исследований при установлении порога вредного действия какого-либо фактора обращали внимание на то, что граничными значениями являются те интенсивности, при которых имеется неуклонно возрастающая степень рассеивания данных (рост дисперсии). Однако и в этих работах рассматривалась возможность развития активной адаптации, но не представлено обоснование допустимого уровня отклонения показателей функциональных систем.

В указанных выше работах отсутствовали строгие количественных критерии, обуславливающие переход от одного состояния к другому, но практически во всех случаях допускались интенсивности действующих внешних факторов, приводящие к активной адаптации и следовательно напряженному характеру работы регуляторных систем с мобилизацией значительных регуляторных механизмов.

В последние годы отмечается значительное ухудшение здоровья населения в России, в связи с целым комплексом длительно действующих экологических и социальных факторов значительной интенсивности. Нами в отчете за предыдущий год по проекту: «Сопоставительный анализ рисков хронического действия ионизирующих излучений, электромагнитных полей радиочастот, химического загрязнения окружающей среды и социального стресса на здоровье различных регионов России», выполненному по Программе Президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине», представлены расчеты и количественные оценки рисков этих факторов в отношении увеличения частоты заболеваемости и смертности населения. Особую тревогу вызывает резкое увеличение заболеваемости детского населения и подростков [21]. В этой работе, как и в ряде других [10, 11] показано, что здоровье каждого следующего поколения становится заметно хуже, чем у их родителей.

Человек в современных условиях подвергается комплексному действию целого ряда стрессорных 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 орга-

низма. 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.

Нами сделана попытка на строгой количественной основе описать стадии, определяющие выраженность процесса адаптации, степень напряженности регуляторных систем и границы перехода от нормы и удовлетворительной адаптации к активной адаптации, неудовлетворительной адаптации и к состоянию близкому к срыву адаптации, характеризуемому резким нарушением регуляторных процессов, увеличением вероятности различных заболеваний и даже гибели организма при дополнительных функциональных нагрузках.

Для этого была создана и соединена вместе система рассмотренных выше критериев изменения состояния организма, в основу которой в качестве объединяющего начала использовали дополнительный интегральный показатель изменения состояния различных систем организма. В качестве последнего использовали обобщенный логарифмический показатель (ОЛП). Он вычисляется на основе следующего соотношения:

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

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;
- $\sigma_{0i}$  — 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 после ряда острых радиационных воздействий и в процессе хронического облучения с различной мощностью дозы (использовались данные о содержании различных кроветворных клеток в костном мозге и периферической крови) [53]. При использовании ОЛП для характеристики качества регуляторных процессов по показателям измененного эндокринного статуса животных удалось отобрать группы животных более устойчивых и менее устойчивых по отношению к облучению в среднелетальных дозах [54].

Из представленного уравнения следует, что при значениях показателей систем, соответствующих или близких к средним значениям для генеральной совокупности величина ОЛП равна или близка к нулю. При изменении значения ОЛП в диапазоне 0–0,05 можно считать, что состояние системы соответствует норме и характеризуется максимальной устойчивостью организма по отношению к экстремальным воздействиям, что показали исследования, проведенные в работе [54]. Состояние организма, при котором значения ОЛП для основных физиологических систем находятся в этих пределах, может рассматриваться как нормальное и соответствовать стадии удовлетворительной адаптации.

Увеличение расчетных значений ОЛП в пределах 0,05–0,2 определяет переход и нахождение организма в стадии активной адаптации, характеризующейся большим размахом варьирования показателей и более напряженным характером работы регуляторных систем. Это состояние не может быть отнесенным к норме, поскольку, как показано в работе [54], оно характеризуется уже сниженной устойчивостью к экстремальным воздействиям. Последующее увеличение значений ОЛП соответствует переходу к стадии неудовлетворительной адаптации, которая сопровождается резко выраженным перенапряжением регуляторных механизмов (РМ). Этой стадии присуще значительное снижение устойчивости и увеличение вероятности гибели организма при функциональных нагрузках. Состояние, при котором значение ОЛП более 0,5, характеризуется уже значительным истощением РМ и компенсаторных резервов организма. Имеется большая вероятность срыва адаптации. Жизнеспособность организма при этом существенно снижена и в эксперименте при хроническом облучении отмечается гибель части животных. Состояние организма, при котором значение ОЛП близко к 1,0 является несовместимым с жизнью и наблюдается в ближайшем периоде гибель большинства животных [53].

Таким образом, нами в работе [55] предложена система взаимосвязанных шкал, критериев и обобщенных показателей состояния систем организма для количественной характеристики степени выраженности адап-

тационных процессов в условиях длительного действия различных физических факторов и в частности при хроническом действии ЭМП СВЧ низких нетепловых интенсивностей (таблице 2).

Таблица 2. 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.

Градация состояния организма	Степень напряжения регуляторных систем и механизмов	Характеристика процесса адаптации	Отклонение показателей от нормы $M_{0i}$ (единицы $\sigma$ )	Значение ОЛП	Характеристика устойчивости организма.
[25, 49 ]					
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

В этой работе на основе обобщенного логарифмического показателя показан характер изменения состояния иммунной системы в процессе хронического в течении 4-х месяцев облучения крыс ЭМИ с частотой 850-1780 МГц с ППЭ 60, 100, 140 и 500 мкВт/см<sup>2</sup>. При этом рассмотрены режимы непрерывного и прерывистого режимов облучения. В контрольных группах в течение всего срока наблюдения значение ОЛП по ряду показателей иммунной системы соответствовало норме и изменялось слабо в диапазоне 0,01-0,02. Наиболее эффективным оказалось воздействие на крыс ЭМИ с частотой 1780 МГц и особенно при непрерывном режиме облучения. Эти данные представлены на рис.4. При этом даже при минимальном значении ППЭ в непрерывном режиме облучения отмечено существенное увеличение размаха варьирования показателей иммунной си-

стемы и ОЛП, значение которого изменялось уже в более широких пределах от 0,02 до 0,06 и в отдельные сроки превышало границу, соответствующую норме.

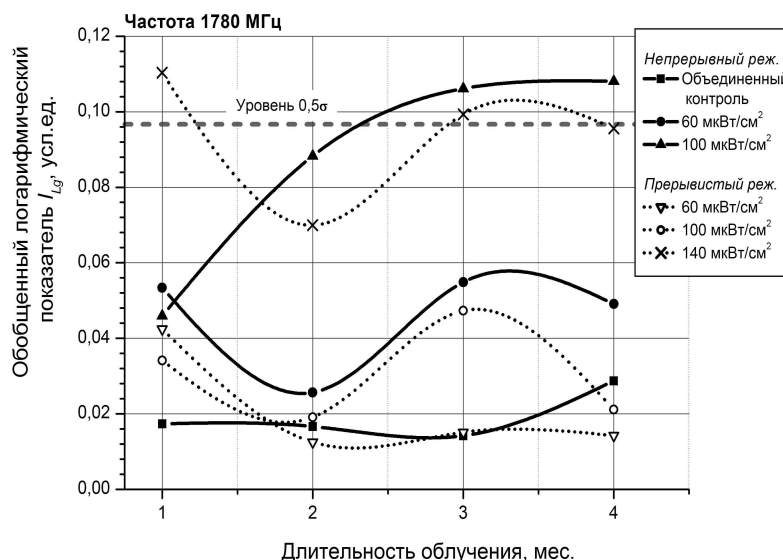


Рис. 4. Характер изменения иммунологического статуса крыс при их хроническом облучении ЭМП с частотой 1780 МГц с использованием ОЛП.

При больших значениях интенсивности ЭМИ с ППЭ 100-140 размах варьирования значений ОЛП увеличился более значительно, что характеризует большую напряженность регуляторных процессов. Значения ОЛП изменялись в диапазоне от 0,04 до 0,11, свидетельствуя о переходе организма к активной адаптации уже после облучения в течение месяца. Следует еще раз подчеркнуть, что отчетливая реакция организма и измененный характер регуляторных процессов имели место, несмотря на воздействие ЭМИ СВЧ в нетепловом диапазоне интенсивностей.

На рис.5 представлены данные об изменении состояния биохимического статуса организма при хроническом облучении крыс ЭМИ с частотой 1780 МГц с различной ППЭ на основе использования обобщенного логарифмического показателя состояния систем. Как ранее для оценки иммунного статуса использовали для характеристики биохимических изменений целый ряд показателей: содержание гликогена, сукцинатдегидрогеназы (СДГ) и цитохромоксидазы в печени и мозге, активность лактатдегидрогеназы, церулоплазмينا и трансферрина в сыворотке крови.



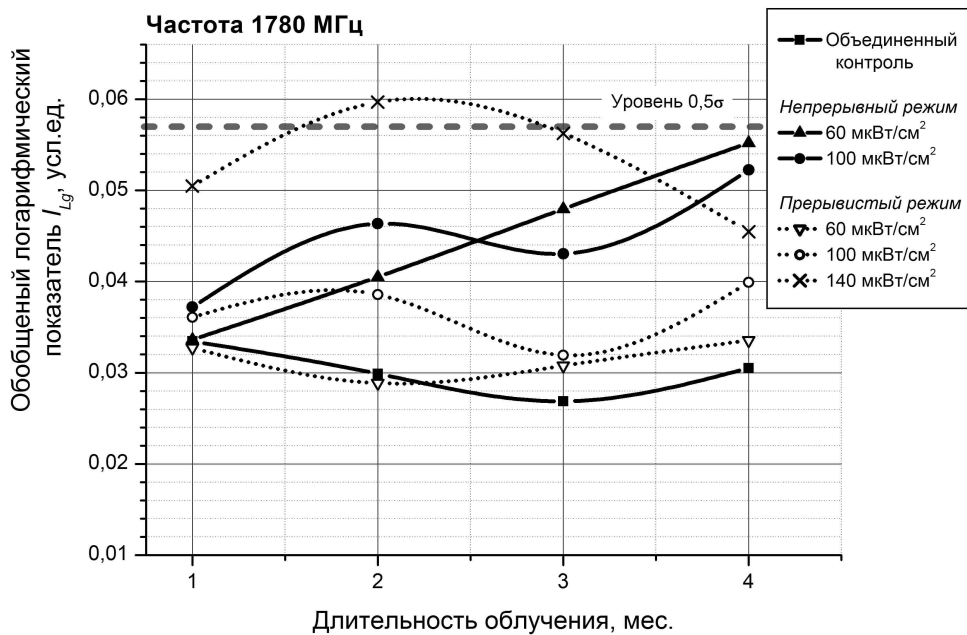


Рис. 5. Характер изменения биохимического статуса животных на основе ОЛП при импульсном облучении крыс на частоте 1780 МГц в непрерывном и прерывистом режиме.

При анализе биохимических изменений в организме животных при их хроническом облучении в ЭМП с частотой 1780 МГц можно видеть слабую вариацию значений показателей объединенного контроля в процессе длительного эксперимента. Размах варьирования значений ОЛП у животных, хронически облучаемых в прерывистом режиме с ППЭ 60 мкВт/см<sup>2</sup> незначительно отличается от размаха для контрольной группы и не превышает значения 0,04, оставаясь в пределах нормы. Можно отметить также большую эффективность непрерывного режима облучения, по сравнению с прерывистым, осуществляемым с меньшей длительностью облучения в течение суток. Воздействие в непрерывном режиме с ППЭ 60–100 мкВт/см<sup>2</sup> приводит к столь же выраженным изменениям биохимического статуса организма на основе ОЛП, как и в случае прерывистого режима с ППЭ 140 мкВт/см<sup>2</sup>. При этом размах варьирования значений отдельных биохимических показателей превышает  $0,5\sigma$ , а значение ОЛП превышает 0,05, свидетельствуя о выходе в отдельные периоды за границу нормы и переходе к стадии активной адаптации. Как было указано выше, это может привести к снижению устойчивости организма в отдаленном периоде.

Представленные выше материалы показывают возможность с использованием представленной в таблице 2 системы взаимосвязанных по-

казателей, включающей также обобщенный показатель состояния систем организма (ОЛП), на количественной основе характеризовать выраженность адаптационных процессов при хроническом действии различных физических факторов, степень напряжения регуляторных процессов и изменение устойчивости организма. На основе ее можно отчетливо обнаружить переход от нормы к состоянию активной адаптации, характеризуемого выраженным и резковыраженным напряжением регуляторных механизмов, что как показано выше может приводить к более высокой скорости снижения резервов организма, ускоренному старению и возможному сокращению продолжительности жизни.

Выше нами было продемонстрировано наличие серьезных неблагоприятных изменений у животных по показателям ЦНС, включая условно рефлекторную деятельность, показателям иммунного и биохимического статуса организма, отмечены также нарушения репродуктивной функции у животных при их протяженном облучении ЭМИ СВЧ с низкими нетепловыми интенсивностями с ППЭ, превышающей  $100 \text{ мкВт/см}^2$  и выше. Результаты многолетних обследований лиц, работающих в полях ЭМИ ВЧ и СВЧ с интенсивностями в пределах  $50\text{--}100 \text{ мкВт/см}^2$  также свидетельствуют о значительном повышении частоты заболеваемости со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой и иммунной систем организма, об ускоренном старении и возможном сокращении продолжительности жизни профессиональных работников.

По нашему мнению в условиях длительного действия на человека комплекса экологических и социальных факторов при нормировании отдельных факторов, связанных с профессиональной деятельностью, не стоит допускать изменение показателей функциональных систем более чем на  $0,5\sigma$  от их нормальных значений, что соответствует в единицах обобщенного логарифмического показателя значениям, превышающим  $0,05$  и свидетельствует о переходе к активной адаптации и о значительном напряжении регуляторных систем.

Представленные материалы и проведенный нами анализ показывает необходимость пересмотреть утвержденные в 2003 г нормативные значения напряженности поля, ППЭ и величин энергетических экспозиций для профессиональных работников и населения в сторону более низких допустимых значений, исключающих переход от нормы и удовлетворительной адаптации к активной адаптации. Эти новые значения ПДУ, которые были предложены нами в работе [53] для рассмотрения в качестве нормативных значений, представлены в таблице 3. Они получили дополнительное обоснование в настоящей работе. В таблице представлены значения ПДУ ЭМП для персонала и безопасные (недействующие уровни (НУ)) для населения. Последние предлагается снизить более значительно, учитывая широкое распространение систем сотовой связи, широкий охват ею прак-

тически всего населения страны и особенно детей, которые значительное время подвергают себя воздействию ЭМИ СВЧ.

Таблица 3. Рекомендуемые ПДУ для персонала и недействующие уровни для населения при воздействии ЭМП ВЧ и СВЧ.

Диапазон частот ЭМП	ПДУ ЭМП для персонала		НУ для населения	
	Е; ППЭ	ЭЭ	Е; ППЭ	ЭЭ
3,0-30 МГц существующий предлагаемый	30 В/м 15 В/м	7000 (В/м) <sup>2</sup> ч 1750 (В/м) <sup>2</sup> ч	10 В/м 5 В/м	2400(В/м) <sup>2</sup> ч 600 (В/м) <sup>2</sup> ч
30-300 МГц существующий предлагаемый	10 В/м 5 В/м	800(В/м) <sup>2</sup> ч 200 (В/м) <sup>2</sup> ч	3 В/м 1,5 В/м	200(В/м) <sup>2</sup> ч 50 (В/м) <sup>2</sup> ч
300 МГц-300 ГГц существующий предлагаемый	25,0 мкВт/см <sup>2</sup> 12,5 мкВт/см <sup>2</sup>	200 (мкВт/см <sup>2</sup> )ч 100 (мкВт/см <sup>2</sup> )ч	10 мкВт/см <sup>2</sup> 2 мкВт/см <sup>2</sup>	200 (мкВт/см <sup>2</sup> )ч 25 (мкВт/см <sup>2</sup> )ч

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев Е.Е. Радиационный риск на Земле и в космосе М.: Атомиздат, 1976, 112 с.
2. Стрелер Б. Время, клетки и старение М.: Мир, 1964, 250 с.
3. Комфорт А. Биология старения /Под ред. В.В. Алпатова М.: Мир, 1967, 395 с.
4. Фролькис В.В. Природа старения М.,1969, 180 с.
5. Шафиркин А.В. Модель радиационной скорости смертности млекопитающих, определяющая отдаленные последствия радиационного воздействия в различных дозах // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1999. Т.33, № 4. С. 64-69.
6. Ежегодник мировой санитарной статистики 1969 г. Т.1. Демографическая статистика и причины смерти. ВОЗ, Женева, 1975.
7. Ежегодник мировой санитарной статистики 1992 г., ВОЗ, Женева, 1994.
8. Социально-экономическое развитие столиц республиканских, краевых и областных центров Российской Федерации М.: Госкомстат России, 1992.
9. Российские статистические ежегодники 1995–2005 г. М.: Росстат.

10. Римашевская Н.М. Социально-экономические и демографические проблемы современной России // Вестн. РАН. 2004, Т. 74, № 3. С. 209-218.
11. Величковский Б.Т. Реформы и здоровье населения страны. (Пути преодоления негативных последствий). М.-Воронеж: ВГУ, 2002. 64 с.
12. Шафиркин А.В. Компенсаторные резервы организма и здоровье населения в условиях хронических антропогенных воздействий и длительного психоэмоционального стресса // Физиология человека, 2003. Т.29, №6. С. 12-22.
13. Григорьев А.И., Орлов В.А. Медицинская оздоровительная технология «Навигатор здоровья» Ассоциация «Народный СпортПарк» Лицензия Комитета здравоохранения Москвы 2002–2007 гг.
14. Григорьев А.И., Орлов В.А., Фетисов О.Б. Научные основы оценки соматического здоровья // Материалы конференции по результатам работ по Программе Президиума РАН Фундаментальные науки – медицине 27–29 ноября 2006 г. С. 79-80.
15. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г., Коломенский А.В. Радиационный риск для космонавтов при осуществлении полета к Марсу // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2004, Т.38, №2. С. 3-14.
16. Шафиркин А.В., Акатов Ю.А., Архангельский В.В., Бондаренко В.А., Коломенский А.В., Митрикас В.Г., Петров В.М. Цетлин В.В. Методика оценки радиационной опасности для членов экипажей орбитальных станций МИР и МКС на основе данных бортового индивидуального дозиметрического контроля // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2002, Т.36, № 1. С. 49-55.
17. Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах (ООКОКП-2004). Методические указания МУ 2.6.1.44-03-2004, М.: ФУ «Медбиоэкстрем», 2004, 42 с. Авторы: Шафиркин А.В., Петров В.М., Абросимова А.Н., Фарбер Ю.В., Федоренко Б.С., Григорьев Ю.Г., Гуськова А.К., Сакович В.А., Рогожников В.А., Ушаков И.Б., Галкин А.А., Солдатов С.К.
18. Шафиркин А.В. Развитие концепции приемлемого риска // Инженерная физика, 2001, №4, С. 32-37.
19. 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. 565-578.
20. 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.

21. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г., Ушаков И.Б., Штемберг А.С., Васин А.Л. Сопоставительный анализ рисков хронического действия ионизирующих излучений, электромагнитных полей радиочастот, химического загрязнения окружающей среды и социального стресса на здоровье населения различных регионов России. Материалы конференции по итогам работ в 2005 г. по Программе Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» Москва 14-16 декабря 2005 г. С. 208-211.
22. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1. 758-99, М.: Минздрав России, 1999, 115 с.
23. Григорьев Ю.Г., Попов В.И., Шафиркин А.В., Антипенко Ж.Б. Соматические эффекты хронического гамма-облучения. М.: Энергоатомиздат, 1986, 196 с.
24. 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.
25. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине. М. ГНЦ РФ – ИМБП РАН. 2001. 96 с.
26. Селье Г. На уровне целого организма. М.: Наука.1972. 122 с.
27. Азизова Т.В. Состояние нервной системы у лиц, подвергавшихся хроническому профессиональному воздействию ионизирующего излучения (35–45 лет наблюдения): Автореф. дисс. канд. мед. наук. М.: ГНЦ РФ–ИБФ, 1999.
28. Шафиркин А.В. Радиобиологическое обоснование величин радиационного риска и норм по радиационной безопасности космических полетов: Автореферат дисс. докт. биол. наук М. ГНЦ РФ-ИМБП, 1999.
29. Федоренко Б.С., Шафиркин А.В., Буденная Н.Н. Морфологические изменения в центральной нервной системе животных в зависимости от дозы и времени после воздействия излучений с различными значениями ЛПЭ // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1998. Т. 32. № 3. С. 4–11.
30. Головченко Ю.И. // Радиобиологические аспекты ускоренного старения по данным церебральной гемодинамики. / Материалы радиобиологического съезда Киев 20–25 сентября 1993 г. Пушино. 1993. ОНТИ НЦБИ. С. 235–236.
31. Иванов В.К., Максютов М.А., Чекин С.Ю. и др. Радиационно-эпидемиологический анализ неонкологической заболеваемости ликвидаторов чернобыльской катастрофы // Радиация и риск, 2001, № 12. С. 82-98.
32. Булдаков Л.А., Лягинская А.М., Смирнова О.В. и др. Эффект раннего старения у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС //

- Тез. докладов третьего съезда по радиационным исследованиям. Москва 14-17 октября 1997. Пущино, 1997, Т.1. С. 306-307.
33. Мешков Н.А., Куликова Т.А. Хроническая цереброваскулярная патология у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС М.: НИИ экологии человека и окружающей среды РАМН, 2006, 204 с.
  34. Лукьянова С.Н., Макаров В.П., Рынсков В.В. // Зависимость изменения суммарной биоэлектрической активности головного мозга на низкоинтенсивное МКВ-облучение от плотности потока энергии // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36. В. 5. С. 706–709.
  35. Холодов Ю.А. Непосредственное действие электромагнитных полей на центральную нервную систему: Автореф. дисс. докт. биол. наук М., 1967.
  36. Холодов Ю.А. Действие МП на функции нервной системы. Гигиеническая оценка магнитных полей. М., 1972. С. 52.
  37. Шандала М.Г., Виноградов Г.И., Руднев М.И., Рудакова С.В. Влияние микроволнового излучения на некоторые показатели клеточного иммунитета в условиях хронического воздействия. // Радиобиология. 1983. т.23. в.4 С. 544–546.
  38. 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.
  39. Савина Е.А., Яковлев В.И., Плахута-Плакутина Г.И., Панкова А.С. Особенности морфологических реакций внутренних органов и эндокринных желез собак при 6-ти летнем гамма-облучении // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1976. Т. 10. № 1. С. 57–61.
  40. Шиходыров В.В., Шувырина И.Д. // Морфологические изменения в коре надпочечных желез собак при хроническом воздействии малых доз ионизирующей радиации. / В кн: Соматические эффекты хронического облучения. М.: МЗ СССР. 1972. С. 165–168.
  41. Новицкий А.А., Мурашов Б.Ф. Краснобаев П.Е. и др. Функциональное состояние системы гипоталамус–гипофиз–кора надпочечников как критерий при нормировании СВЧ ЭМ излучений // Военно-мед. журн. 1977, № 8. С. 53-57.
  42. 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.
  43. Tyagin N.V., Uspenskaya N.V. Functional changes of nervous system and some other body systems exposed to microwave range radiowaves // *Neuropatologiya i psikiatriya*, 1966. N 8, p. 1132–1136.

44. 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.
45. Шандала М.Г., Виноградов Г.И. Аутоаллергические эффекты воздействия электромагнитной энергии СВЧ-диапазона и их влияние на плод и потомство. // Вестник Академии медицинских наук СССР. 1982. № 10. М.: «Медицина» С. 13–16.
46. 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.
47. Никитина В.Н. // Клиническая геронтология. 1997. № 3. С. 14–17.
48. Ушаков И.Б. Экология человека опасных профессий. М. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000, 128 с.
49. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. «Медицина», М. 1997. 236 с.
50. Савин Б.М. Проблема гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона на современном этапе. // В сб.: Методологические вопросы гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. Под общей редакцией Б.М. Савина. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1979. С. 12–42.
51. Измеров Н.Ф., Саноцкий И.В. О некоторых методологических основах гигиенического нормирования физических и химических факторов производственной среды. // В сб.: Методологические вопросы гигиенического нормирования производственных факторов. НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР. М., 1976. С. 5–17.
52. Шандала М.Г. Научные основы гигиенической оценки и регламентации физических факторов окружающей среды. Гигиена и санитария. 1989. № 10. С. 4–8.
53. 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. № 3. С. 32-35.
54. Шафиркин А.В., Короткевич А.О., Штемберг А.С. Оценка индивидуальной радиостойчивости животных на основе некоторых показателей исходного состояния регуляторных систем организма // Известия РАН. Серия биологическая, 2000, № 6. С. 728-733.

55. 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.

**RESERVES OF THE ORGANISM, THE ACCELERATED AGEING AND REDUCTION OF LIFE EXPECTANCY OF THE PERSON IN CONDITIONS OF LONG RADIO FREQUENCY EMF EXPOSURE OF NON-THERMAL INTENSITY, AND ACTION OF OTHERS STRESS-FACTORS (TO QUESTIONS OF STANDARDIZATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS)**

*A.V. Shafirkin<sup>1</sup>, A.L. Vasin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>RF State Research Center - Institute for Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow,*

*<sup>2</sup>FMBA Scientific Research Centre – Institute of Biophysics, Moscow*

In work is submitted the mathematical model which allows to determine quantitatively the reduction in reserves of an organism, accelerated ageing is analyzed and the increased risks of death rate estimated, and also probable reduction of life expectancy in conditions of chronic action stress-factors of various intensity, including electromagnetic radiation of radio frequencies of non-thermal intensity.

Questions of development of nonspecific reaction of an organism had considered during action stress-factors of various intensity. Authors had analyzed the nearest and remote consequences from the action ionizing radiations and EMF RF. They offered the system of the quantitative generalized parameters describing a degree of expressiveness of adaptable reactions, and intensity of work of regulating systems.

Authors considered the approaches to standardization of EMF exposure with low non-thermal intensity. They showed the opportunity with use of strict quantity, indicators to characterize process of transition from norm to intense adaptation and even to its failure. These data have used directly for perfection of criteria of standardization of EMF RF exposure non-thermal intensity and establishments of thresholds of harmful action. This work submitted the substantiation and the offer to new normative levels of density of a flux of energy and allowable power expositions for the personnel working with sources EMF RF and for the population.



## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА И СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ОПЕРАТОРОВ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ РАБОТУ В ЭКРАНИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

*Никитина В.Н., Фоминич Э.Н, Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Тимохова Г.Н., Петикин Д.А., Плеханов В.П.*

*Испытательный исследовательский центр защиты от электромагнитных полей  
ООО «Альфа-Пол», Санкт-Петербург*

*Военный инженерно-технический университет, Северо-Западный научный центр  
гигиены и общественного здоровья, Санкт-Петербург*

Актуальность изучения условий труда и состояния здоровья персонала, работающего в экранированных помещениях несомненна. Известно, что экранированные помещения применяются для защиты внутреннего оборудования от воздействия внешних электромагнитных полей, а также для предотвращения излучения во внешнюю среду электромагнитных излучений (ЭМИ) технических средств, находящихся внутри помещений. Состав работ, для выполнения которых необходимо экранирование помещений, непрерывно возрастает. Экранированные помещения используются при проведении исследований в области электромагнитной совместимости технических средств (ЭМС), для защиты информации, при испытании приборов и оборудования в электронной, радиотехнической промышленности, в производствах средств радиосвязи. Экранами оборудованы многие специальные объекты различных министерств и ведомств: командные пункты, узлы связи, объекты радиолокации и другие. Специфической особенностью экранированных помещений является наличие ферромагнитных экранов, изменяющих естественный электромагнитный фон. Научными исследованиями доказано, что трансформация естественного электромагнитного поля (ЭМП) может отрицательно влиять на здоровье. Известно, что естественный электромагнитный фон влияет на человека во все периоды его жизни, формирует ритмические процессы и типы ответных реакций организма [4, 6, 7, 8,]. Нарушение естественного электромагнитного фона приводит к рассогласованию (десинхронизации) биоритмов, нарушению закономерностей адаптации и снижению устойчивости организма к воздействию других неблагоприятных факторов [3, 10, 11, 12]. СанПиН.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» установлен временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала -  $K_0^{гмп} \leq 2$ .

Нами в течение ряда лет проводились исследования условий труда операторов, работающих в экранированных помещениях и сооружениях

различного функционального назначения, и изучалось состояние здоровья персонала.

### ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программа гигиенических исследований включала определение коэффициента ослабления геомагнитного поля, измерение на рабочих местах уровней электрических и магнитных полей промышленной частоты, статических электрических полей, электромагнитных полей радиочастот, ЭМП компьютеров. Определялся ионный состав воздуха. Методом анкетного опроса персонала проводилась экспертная оценка гигиенических и эргономических факторов условий труда. Была использована специально разработанная анкета и способ ее статистической обработки. Анамнестические опросы настоящее время широко используются в нашей стране и за рубежом для оценки условий труда и состояния здоровья работающих. Результаты опроса были обработаны на ЭВМ с определением статистической значимости полученных результатов.

При изучении электромагнитной обстановки на обследованных объектах не было зарегистрировано превышения установленных предельно-допустимых уровней электрических полей промышленной частоты, статических электрических полей, ЭМИ радиочастотного диапазона. Исследованием установлено, что в помещениях всех обследованных объектов степень снижения геомагнитного поля превышала допустимое значение. Для иллюстрации в таблице 1 представлены предельные значения модуля индукции постоянного магнитного поля и  $K_0^{гмп}$  в некоторых из обследованных помещений.

Таблица 1. Предельные значения модуля индукции постоянного магнитного поля и коэффициента ослабления геомагнитного поля в экранированных помещениях

Помещения	Модуль индукции постоянного магнитного поля, мкТл	$K_0^{гмп}$
1	3,8 - 16,1	14,4 - 3,4
2	3,1 - 14,6	17,4 - 3,7
3	3,0 - 15,7	18,3 - 3,5
4	5,2 - 14,6	10,4 - 3,7
5	13,3 - 17,2	16,7 - 3,1
6	4,1 - 15,2	13,3 - 3,6

7	2,0 - 18,0	27,4 - 3,0
---	------------	------------

Измерения показали, что в разных точках пространства (в местах постоянного и временного пребывания персонала) параметры магнитного поля могут существенно отличаться. Регистрируются значительные вариации магнитных полей в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Сложная картина распределения постоянного магнитного поля (ПМП) на рабочих местах обусловлена конструктивными особенностями помещений, свойствами экранирующих материалов, наличием ферромагнитных масс.

Источником электромагнитных полей промышленной частоты на рабочих местах персонала экранированных помещений являются протяженные кабели и установленные технические средства. В экранированных сооружениях основным источником электромагнитных полей промышленной частоты является электрооборудование систем электроснабжения сооружений. Системы автономного электроснабжения расположены непосредственно в сооружениях. Это источники питания (генераторы и трансформаторы), установки гарантированного питания и преобразователи, распределительные устройства (РУ), коммутационная и пускорегулирующая аппаратура, кабели. Установленное оборудование имеет значительные мощности, и при его эксплуатации в распределительных устройствах и сетях могут протекать токи до нескольких тысяч ампер и интенсивность магнитных полей в окружающем пространстве может достигать высоких значений. В процессе выполнения исследований определялись амплитудно-частотные характеристики полей, максимальные значения электрических и магнитных полей в рабочих зонах на различных расстояниях от источника излучения. Для оценки амплитудных значений магнитных полей в переходных режимах были выполнены стендовые экспериментальные исследования.

Измерения показали, что наиболее высокие уровни магнитных полей (МП) регистрируются в помещении трансформаторной подстанции и машинных залах. При работе оборудования в статическом режиме значения МП не превышали предельно допустимые уровни (ПДУ), установленные для персонала, обслуживающего источники электромагнитных полей промышленной частоты. В других технологических помещениях экранированных сооружений регистрируются повышенные фоновые уровни магнитных полей 50Гц, нередко превышающие ПДУ, установленные для населения (10 мкТл). Уровни индукции МП в рабочих зонах также варьировали в широких пределах (таблица 2).

Таблица 2. Уровни индукции магнитного поля 50Гц в помещениях различного функционального назначения экранированного сооружения

Помещение	Модуль индукции (мкТл)
1	0,9-9,8
2	1,1 -11,47
3	2,1-20,8
4	7,2-71,9
5	1,1 – 10,9

Исследования показали, что в спектре излучений наряду с частотой питающей сети присутствуют более высокочастотные составляющие (100 и 400 Гц). В переходных режимах амплитуда изучаемых магнитных полей технических средств значительно превосходит уровень излучения в статическом режиме. Излучение нередко носит импульсный характер. При этом временные характеристики импульсов имеют короткий фронт и небольшую длительность, что в свою очередь усиливает опасность влияния магнитного поля на обслуживающий персонал, находящийся в этих помещениях.

Во многих экранированных помещениях находились рабочие места с персональными компьютерами. На некоторых рабочих местах уровни ЭМП соответствовали гигиеническим требованиям, на других – превышали ПДУ. На отдельных рабочих местах оценить интенсивность излучение от персональных компьютеров в первом нормируемом диапазоне (5 Гц-2 кГц) было невозможно из-за высокого фонового уровня магнитного поля частотой 50 Гц. В экранированных помещениях был нарушен ионный состав воздуха. Концентрация аэроионов отрицательной полярности в воздухе были существенно ниже минимально допустимых значений. Изменение ионного состава воздуха происходит вследствие эксплуатации многочисленного оборудования, находящегося под напряжением, а также вследствие движения его по протяженным вентиляционным системам. К неблагоприятным электромагнитным факторам производственной среды следует отнести также отсутствие естественного света и ультрафиолетовую недостаточность.

Анализ данных анкетного опроса показал, что персонал экранированных сооружений кроме электромагнитных полей существенно чаще, чем в контроле отмечал наличие на рабочем месте таких вредных факторов, как неблагоприятный микроклимат, шум, электромагнитные поля,

загазованность и запыленность воздуха, наличие высокой нервно-психической нагрузки, повышенный объем и интенсивность работы, неблагоприятный режим труда. Согласно опубликованным данным профессиональная деятельность операторов управления, работающих в экранированных помещениях, характеризуется высоким уровнем интеллектуальных, эмоциональных, сенсорных нагрузок, нерациональным режимом работы. По результатам оценки напряженности труда деятельность данной категории лиц относится к классу 3.2 (вредные условия 2-й степени) [8].

### СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ПЕРСОНАЛА

Исследование состояния здоровья персонала экранированных помещений включало анкетный опрос и изучение заболеваемости с временной утратой трудоспособности на основе ретроспективного анализа данных за 5 лет. Основная и контрольная группы представлены преимущественно лицами в возрасте до 40 лет (95% и 90% соответственно). В состав контрольной группы входили лица, работающие в неэкранированных помещениях и род деятельности которых был одинаков с контрольной группой. Весь персонал был разделен по возрасту на группы: 20-29 лет, 30-39 лет, 40 лет и старше. По стажу были выделены группы со стажем до 10 лет, 10-20 лет, более 20 лет. Численность контингента составила 1948 и 834 человек в основной и контрольной группе соответственно. В работе были использованы методы и критерии оценки состояния здоровья, применяемые в гигиенической практике [2, 5, 13, 14, 15, 16]. Количество болевших лиц и случаи временной утраты трудоспособности рассчитывались по всем заболеваниям, за исключением респираторных. При анализе материала использовалась Международная классификация болезней, травм и причин смерти десятого пересмотра (МКБ – X).

При анкетном опросе установлено, что персонал экранированных помещений чаще, чем лица контрольной группы указывал на зрительный дискомфорт. Симптомами зрительного дискомфорта является жжение в глазах, зуд, ощущение песка, повышенная чувствительность к свету, резь, покраснение, слезотечение, усталость к концу рабочего дня. Чаще, чем в контроле у персонала основной группы отмечались также такие симптомы хронического перенапряжения как раздражительность, неопределенное беспокойство, беспричинная тревога, подавленное настроение, депрессия.

В табл.3 представлены данные уровней заболеваемости операторов за 5 лет. Из таблицы видно, что уровень заболеваемости персонала экранированных помещений достоверно выше, чем в контроле ( $P < 0,001$ ).

Таблица 3. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в основной и контрольной группах за 5 лет

Показатели	Группы		P
	Основная	Контрольная	
N	1948	834	
Количество болевших лиц на 100 работающих	48,7±1,0	36,9±1,6	<0,001
Частота заболеваний (случаи временной утраты трудоспособности на 100 работающих.)	52,2±1,1	41,2±1,7	<0,001

Был проведен анализ заболеваемости в основной и контрольной группах в зависимости от срока службы: до 10 лет и после 10 лет. Установлено, что с увеличением профессионального стажа показатели болевших лиц и случаев нетрудоспособности в обеих группах возрастали. Однако в группе персонала экранированных сооружений они были существенно выше, чем в контроле ( $P < 0,05$ ). При этом с увеличением стажа у лиц основной группы отмечается существенно более высокая, чем в контроле скорость нарастания числа случаев и дней нетрудоспособности. Рост числа случаев нетрудоспособности иллюстрирует рис. 1

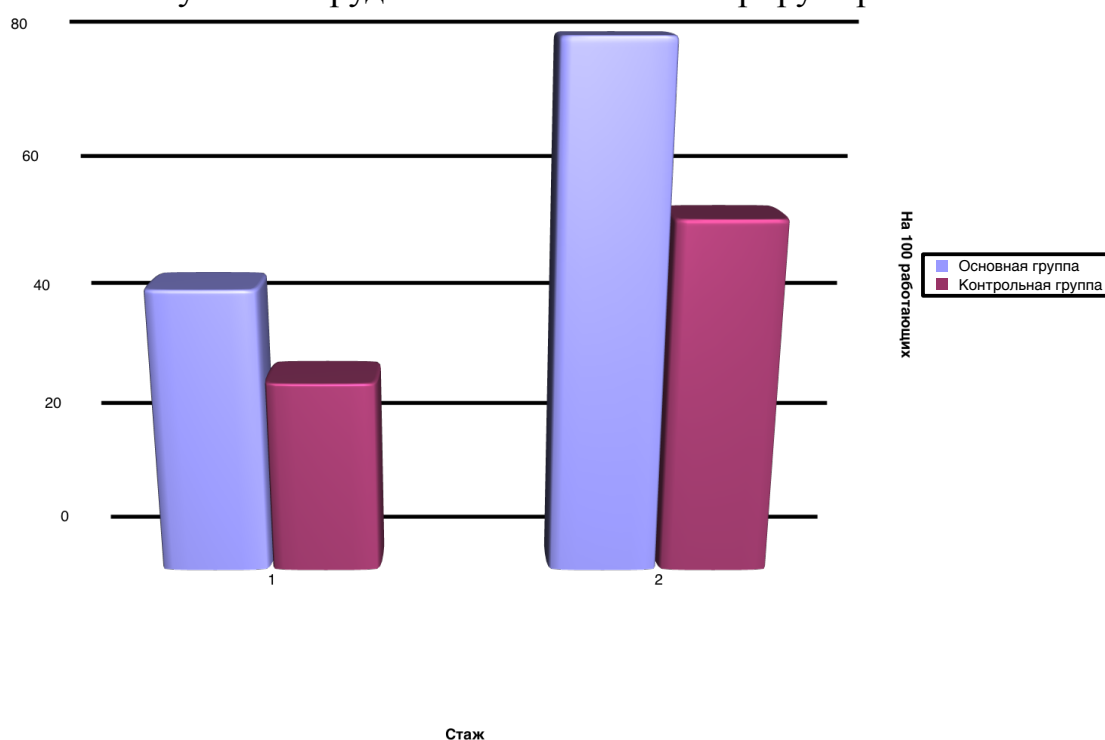


Рис. 1. Число случаев нетрудоспособности за 5 лет у персонала основной и контрольной групп в зависимости от стажа:

1 – стаж работы до 10 лет; 2 – стаж работы более 10 лет.

В соответствии с Международной классификацией болезней было проведено ранжирование заболеваемости и определены классы болезней, занимающих более высокие ранговые места в обеих группах. Полученные результаты выявили определенную идентичность структуры заболеваемости в сравниваемых группах. Установлено, что как в основной, так и контрольной группах наибольший удельный вес имеют болезни следующих классов МКБ-Х:

- болезни органов пищеварения (класс XI);
- костно-мышечной системы и соединительной ткани (класс XIII);
- системы кровообращения (класс IX);
- психические расстройства и расстройства поведения (класс V);
- болезни глаза и его придаточного аппарата (класс VII);
- болезни мочеполовой системы (класс XIV);
- болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (класс IV).

Статистически достоверное превышение уровней заболеваемости в основной группе по сравнению с контрольной установлено по болезням эндокринной системы, болезни глаз, системы кровообращения, органов пищеварения, мочеполовой системы ( $P < 0,05$ ). По классам психических расстройств и болезням костно-мышечной системы показатели также выше у персонала экранированных сооружений, однако, различия статистически не значимы и изменения могут рассматриваться как четкая тенденция. На рисунках 2,3,4, представлено изменение заболеваемости по некоторым классам болезней у лиц основной и контрольной групп в зависимости от стажа работы.

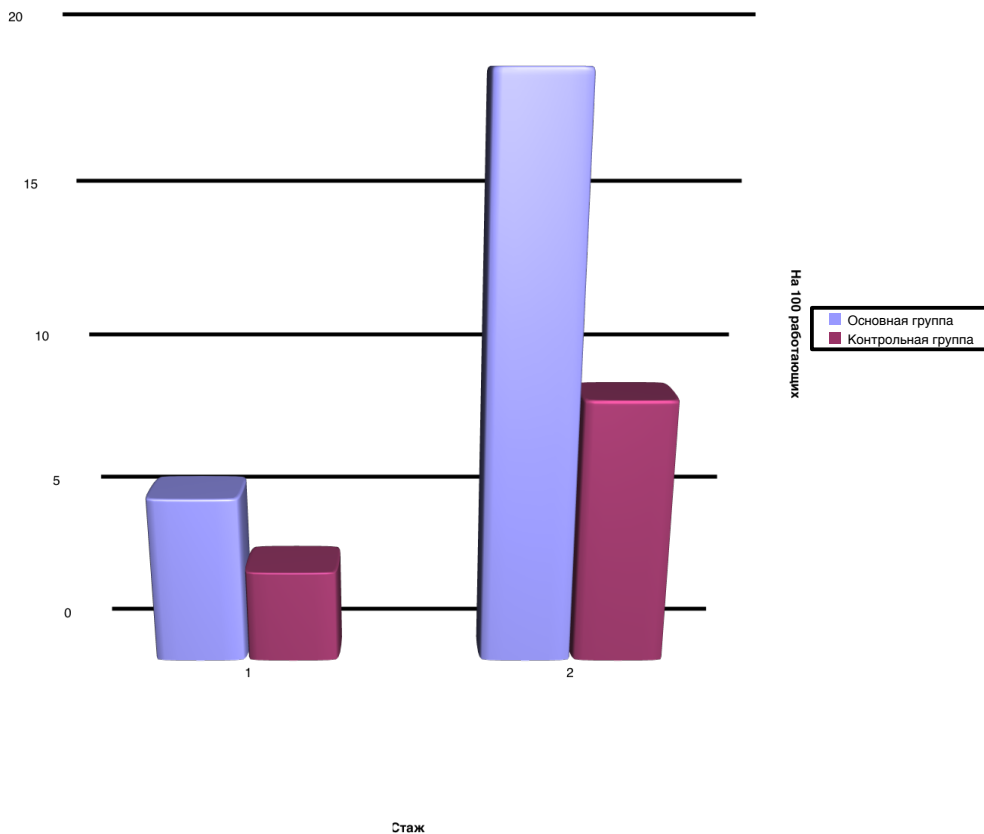


Рис. 2. Рост числа случаев заболеваний по классу болезней системы кровообращения в зависимости от стажа работы: 1 – до 10 лет; 2 – более 10 лет.

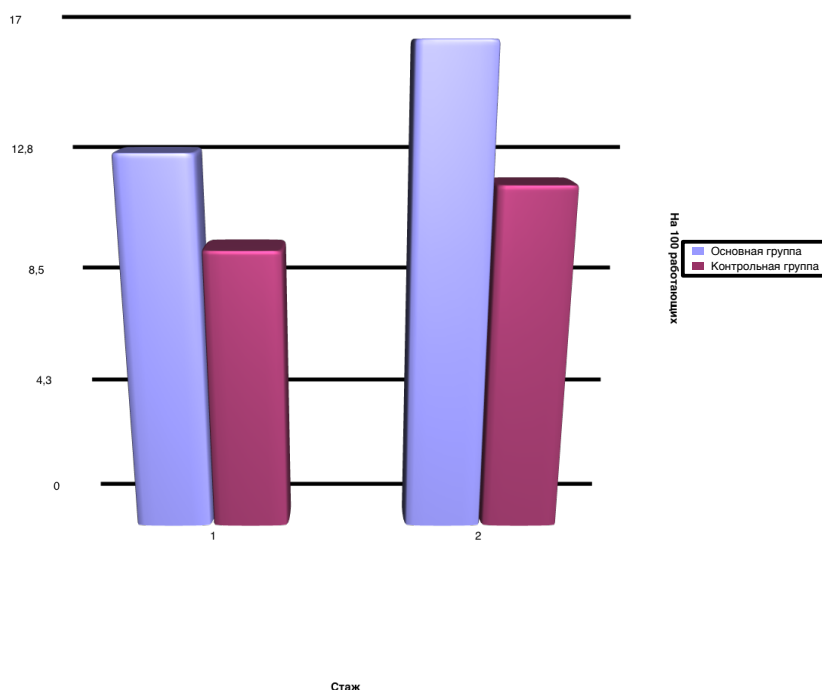


Рис. 3. Рост числа случаев заболеваний по классу болезней органов пищеварения в зависимости от стажа работы:



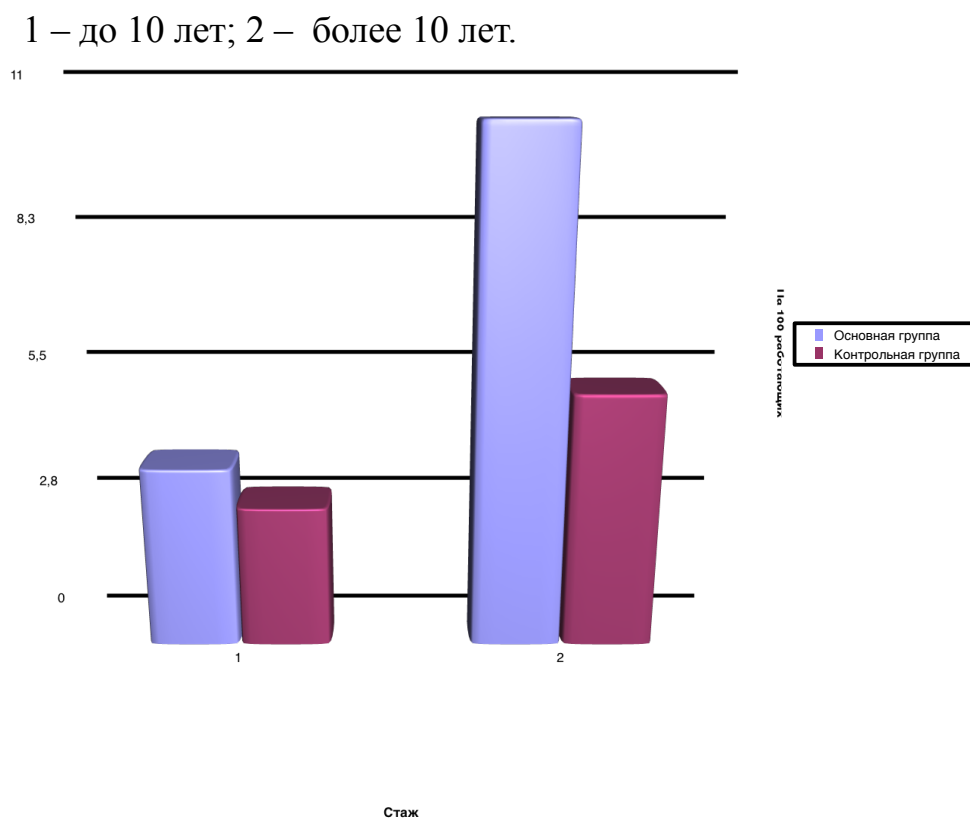


Рис. 4. Рост числа случаев заболеваний по классу болезней глаз в зависимости от стажа работы:

1 – до 10 лет; 2 – более 10 лет.

Представляло интерес проанализировать, какие именно нозологические формы заболеваний более всего распространены внутри изученных классов болезней и создают высокие показатели заболеваемости персонала. В таблице 4 представлены показатели распространенности отдельных нозологических форм болезней, по которым получены статистически достоверные отличия в сравниваемых группах.

Таблица 4. Распространенность отдельных нозологических форм болезней в основной и контрольной группах (показатели на 100 работающих)

Нозологические формы	Основная группа	Контрольная группа	P
Ожирение	2,9±0,4	1,3±0,4	<0,05
Болезни щитовидной железы	1,0±0,2	0,2±0,1	<0,05
Нарушения рефракции и аккомодации	4,4±0,4	2,6±0,6	<0,05

Воспалительные болезни век, конъюнктивы, иридоциклит	0,87±0,2	0,24±0,2	<0,05
Артериальная гипертензия	5,6±0,3	1,9±0,1	<0,001
Гастродуоденит	4,6±0,5	3,1±0,6	<0,05
Холецистит	1,1±0,2	0,4±0,2	<0,05
Воспалительные болезни предстательной железы	2,9±0,4	1,3±0,4	<0,01
Мочекаменная болезнь	1,0±0,2	0,2±0,1	<0,01

Так, внутри класса болезней эндокринной системы в основной группе достоверно выше, чем в контроле по таким заболеваниям как ожирение и болезни щитовидной железы. Установлены статистически достоверные отличия по заболеваниям зрительного анализатора. Профессиональная деятельность в условиях отсутствия естественного света монотонное и недостаточное искусственное освещение, высокая интенсивность нагрузок на зрительный анализатор вызывают снижение резервных возможностей аккомодации у работающих. Вследствие этого у персонала основной группы установлена достоверно более высокая частота нарушений рефракции и аккомодации. С профессиональной деятельностью операторов связаны также и воспалительные заболевания глаз. С увеличением продолжительности работы в экранированном сооружении возрастает риск развития заболеваний при стаже более 20 лет относительный риск ОР = 9.0 (95% ДИ = 1.057÷76,598).

В основной группе лиц выявлен очень высокий относительный риск развития артериальной гипертензии при стаже более 10 лет ОР = 3.6 (95% ДИ = 1.041÷12.754). Риск возникновения данного заболевания обусловлен воздействием на персонал экранированных сооружений всего комплекса неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса. Обращает на себя внимание очень высокий профессионально-обусловленный риск развития у персонала экранированных сооружений воспалительных болезней предстательной железы, которые регистрируются уже в первые годы работы в экранированных помещениях. Общий риск развития болезни предстательной железы составляет ОР = 3.364 (95% ДИ = 1.018÷11.119). Факторами, способствующими развитию нарушений в репродуктивной системе, являются гиподинамия, высокое нервно - эмоциональное напряжение. Репродуктивная система чувствительна к воздействию электромагнитных полей. У персонала экранированных помещений регистрируется высокий относительный риск развития болезни костно-мышечной системы (вертеброгенная люмбагия, миозиты). Самый вы-

сокий относительный риск регистрируется по вертеброгенной люмбалгии -  $OR = 5.833$  (95% (ДИ) =  $1.750 \div 19.450$ ). Следует отметить, что заболевания костно-мышечной системы появляются рано, уже при стаже до 5 лет. Указанные заболевания напрямую связаны с условиями труда и, прежде всего с гиподинамией и неблагоприятным микроклиматом, что зарегистрировано при гигиенической оценке условий труда и анкетном опросе персонала. Положение осложняется неблагоприятным режимом труда и отдыха (дежурные смены продолжительностью, как правило, 24 часа, отсутствие регламентированных перерывов и др.). Выявлены также статистически достоверные высокие относительные риски таких заболеваний как отит и дерматит. У работающих в экранированных сооружениях высокий риск возникновения хронических заболеваний. Уже при стаже работы до 5 лет относительный риск возникновения хронического заболевания составляет  $OR = 3.7$  (95% ДИ =  $1.028 \div 13.252$ ). С увеличением срока службы риск возрастает. Это свидетельствует о высоком напряжении адаптационных возможностей организма уже на начальных этапах работы на объекте. С увеличением стажа у персонала возрастает риск заболеть несколькими хроническими заболеваниями.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выполненными гигиеническими исследованиями установлено, что персонал экранированных сооружений подвергается комплексному и сочетанному воздействию многих неблагоприятных факторов. К ним относятся снижение постоянного магнитного поля Земли, отсутствие естественного света, монотонное искусственное освещение, ультрафиолетовая недостаточность, нарушенный ионный состав воздуха, магнитные поля промышленной частоты, шум, неблагоприятный микроклимат, высокая напряженность трудового процесса, гиподинамия, неблагоприятный режим труда и отдыха. Необходимо подчеркнуть сложность электромагнитной обстановки в пространстве экранированных помещений. Во всех обследованных помещениях степень снижения геомагнитного поля превышала допустимый уровень. Интенсивность и частотный диапазон электромагнитных полей, создаваемых техническими средствами на рабочих местах, определялись функциональным назначением экранированного помещения. Отрицательное воздействие ЭМП усугубляется наличием существенных градиентов полей, одновременным и последовательным воздействием электромагнитных излучений разных частотных диапазонов. Следует отметить, что большинство перечисленных выше неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса на рабочих местах не устранимо.

При изучении состояния здоровья у персонала экранированных сооружений выявлены ряд профессионально обусловленных заболеваний.

Высокая степень причинно-следственной связи заболеваний с условиями труда в экранированных сооружениях получена по болезням глаз, костно-мышечной системы, отиту, артериальной гипертензии, дерматиту и воспалительным заболеваниям предстательной железы. Установлен очень высокий риск развития хронических заболеваний уже в первые пять лет работы в экранированных сооружениях.

Результаты исследований свидетельствуют о необходимости проведения комплекса гигиенических, лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий, а также принятия дополнительных мер по социальной защите персонала экранированных сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биологическое действие гипомагнитных полей: Тезисы докл. первого симпозиума. – Тбилиси, 1991.
2. Буштуева К.А., Случанко И.С. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. – М.: Медицина, 1979. – 160 с.
3. Васюков Г.В. и соавт. Влияние длительной работы в экранированных помещениях в условиях гипомагнитного поля на функциональное состояние организма человека// Электромагнитные поля и человек: Тез. пленарн. докладов семинара. Самара, 1992. – С. 3.
4. Григорьев Ю.Г. Радиобиология, радиозоология. 1995. Том 40, вып. 4. – С. 793–799.
5. Догле Н.В., Юркевич А.Я. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности. М.: Медицина, 1984. 176 с.
6. Дубров А.П. Геомагнитные поля и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 175 с.
7. Копанев В.И., Шакула А.В. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты.– М.: Медицина, 1975.
8. Лукин В.К., Мищенко В.В. Оценка напряженности труда операторов управления при проведении государственного санитарно-эпидемиологического надзора на военно-технических объектах // Современные проблемы гигиены труда: Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции (24-25 ноября 2005 г.)/ Под ред. проф. Ю.В. Лизунова. –СПб: ВМедА, 2005.- С. 98-99.
9. Лушнов М.С., Максимов Г.К., Кобрин В.П. Состояние некоторых систем организма и ионосфера.– СПб.,1996.–С.150.
10. Походзей Л.В., Пальцев Ю.П. Гипогеомагнитные поля как один из неблагоприятных факторов окружающей среды // Тезисы докладов 1 Российской конференции с международным участием «проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования», 28-29 ноября 1996.-Москва,1996. С.43-44.

11. Походзей Л.В. Биологическое действие и гигиеническое нормирование гипемагнитных полей // Сб. докладов девятой научно - техн. Конф. ЭМС-2006.- СПб. 2006.- С. 571.
12. Пушкарев Л.С. Влияние условий профессиональной деятельности в гермообъектах на состояние здоровья и специфические функции женщин // Морской медицинский журнал–1998.– №5.– С. 12–16.
13. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
14. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.
15. Сорокин Г.А. Хроническое утомление работающих - показатель для оценки риска // Гигиена и санитария – 1999. - №1 - С. 21-25.
16. Экспресс-метод оценки риска здоровью работающих во вредных условиях // Методические рекомендации.- СПб, 1998.- 27 с.

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ АБОНЕНТСКИХ ТЕРМИНАЛОВ СОТОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

*О.А. Григорьев<sup>1, 2</sup>, А.В. Меркулов<sup>2</sup>, А.А. Воробьев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ГНЦ – Институт биофизики ФМБА России, г. Москва*

<sup>2</sup>*Центр электромагнитной безопасности, г. Москва*

В июне 2003 г. были введены Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [1] и Методические указания [2], регламентирующие требования к проведению санитарно-эпидемиологических испытаний ручных абонентских терминалов (АТ), в том числе, и системы сотовой радиосвязи. Впервые в отечественной практике в данных нормативно-методических документах приведена методика измерений электромагнитного поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), создаваемого АТ. Однако в ряде публикаций была показана неприменимость Методических указаний [2] для осуществления испытаний по ряду признаков, прежде всего, из-за отсутствия описания способа выведения АТ в режим максимальной мощности на заданной частоте, неясной геометрии точек измерений, невыполнимости требований к погрешности средств измерений [3, 4, 5, 6]. Актуальность проблемы была подчеркнута в решении заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений от 27 апреля 2006 г. Таким образом, существующая методика не обеспечивает реализацию основного требования к проведению испытаний – стандартизации условий измерений для получения воспроизводимых и повторяемых результатов. Эта ситуация приводит к тому, что данные, полученные в ходе испытаний в разных лабораториях, несопоставимы, и результаты самой санитарно-эпидемиологической экспертизы АТ могут быть поставлены под вопрос.

В настоящей статье авторы предлагают усовершенствованную методику санитарно-эпидемиологических испытаний АТ системы сотовой радиосвязи, проводимых в рамках санитарно-эпидемиологической экспертизы продукции на соответствие требованиям [1].

Данная методика предназначена для испытаний АТ (ручных радиотелефонов) действующих и перспективных стандартов (GSM, CDMA, UMTS и др.), работающих в диапазоне 450–2100 МГц, независимо от конструктивных особенностей их исполнения.

Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, должна осуществляться по средним значениям плотности потока энергии эквивалентной плоской волны *ППЭ*, мкВт/см<sup>2</sup> при работе АТ в режиме максимальной мощности излучения, предусмотренной производителем

АТ. Следует подчеркнуть, что оценка в другом режиме неприемлема, т. к. это противоречит принятому в России принципу санитарно-эпидемиологической оценки фактора при наихудших из возможных условиях его воздействия. Такой подход гарантирует полную безвредность изделия для всех категорий пользователей при любых допустимых способах его использования. В зарубежных стандартах, регламентирующих проведение испытаний АТ, также применяется оценка интенсивности ЭМП исключительно при максимальной излучаемой мощности АТ [7, 8].

Для проведения инструментального контроля должны применяться средства измерения (СИ) действующих (среднеквадратических) значений напряженности электрического поля  $E$ , В/м, оснащенные изотропными антеннами-преобразователями. Значения напряженности электрического поля  $E$  пересчитываются автоматически или вручную в значения  $ППЭ$  по формуле:

$$P_{[\mu\text{W}/\text{cm}^2]} = \frac{E_{[\text{V}/\text{m}]^2}}{3.77}$$

Минимальный диапазон измеряемых величин 1–10 В/м (0.3–30 мкВт/см<sup>2</sup>). Основная относительная погрешность СИ – не более  $\pm 3$  дБ. СИ должны иметь действующее свидетельство о поверке. В качестве СИ могут применяться широкополосные измерители отечественного (ПЗ-31, ПЗ-33, ПЗ-41 и др.) и зарубежного производства (EMR-20/-30, EMR-200/-300 и др.).

Измерения интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, производят в экранированных или заглубленных помещениях. Температура воздуха в помещении должна быть  $22 \pm 4$  °С, относительная влажность воздуха – 30–70 %. Фоновые значения  $ППЭ$  в диапазоне частот 450–2100 МГц в помещении не должны превышать 0.3 мкВт/см<sup>2</sup>.

Размер измерительной площадки, свободной от отражающих конструкций и предметов высотой более 0.05 м (оборудование, не задействованное в испытаниях, батареи отопления, железобетонные стены и т.п.) должен составлять минимум 1.5 м  $\times$  1.5 м при высоте потолка помещения минимум 2.4 м.

Подставка (или подвес) для крепления АТ должна быть изготовлена из диэлектрического материала со значениями относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r \leq 5$  и тангенса диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta \leq 0.05$ . Она должна обеспечивать регулировку высоты установки АТ от уровня пола помещения в диапазоне 1.6–1.8 м.

Точка измерений интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, для наиболее распространенных типов конструкции АТ, показана на рисунке 1.

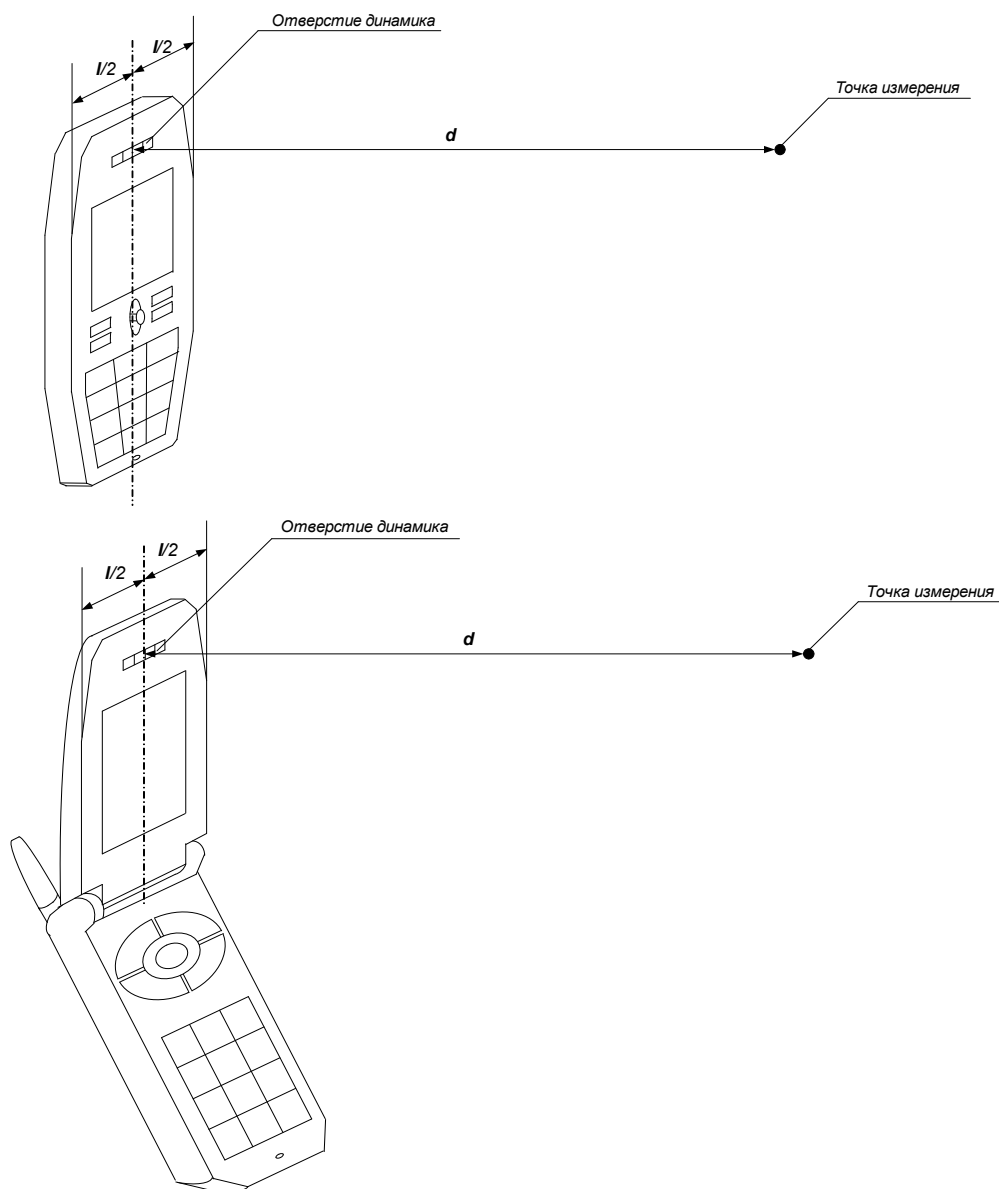


Рисунок 1 – Точка измерений интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ различной конструкции

Испытаниям подлежат не менее трех образцов АТ одной модели, которые выбираются случайным образом из партии изделий. По результатам отбора составляется соответствующий акт.

Перед проведением испытаний следует полностью зарядить аккумуляторную батарею АТ.

СИ устанавливается на диэлектрическом штативе таким образом, чтобы фазовый центр антенны-преобразователя находился в точке измерений, показанной на рисунке 1 (на уровне отверстия динамика АТ), на расстоянии  $d$  от передней панели АТ, равном: 0.65 м – для АТ, работающих в диапазоне частот 450 МГц; 0.37 м – для АТ, работающих в диапазоне ча-



стот свыше 800 МГц. Высота точки измерений от уровня пола составляет 1.7 м. Измерения расстояния осуществляются с помощью линейки или мерной ленты.

Корпус АТ фиксируется на подставке (подвесе) вертикально в соответствии с рисунком 1. При наличии у АТ откидывающихся или выдвигающихся элементов, они должны быть установлены в рабочее положение. Во время проведения испытаний наличие каких-либо внешних подключений АТ (кабель электропитания, интерфейсный кабель, внешняя антенна и т.д.) не допускается.

Испытания проводятся в режиме максимальной мощности излучения для данной модели АТ, установленной производителем АТ. Для выведения АТ в режим максимальной мощности излучения используется имитатор базовой станции (ИБС) соответствующего стандарта сотовой радиосвязи. ИБС базовой станции обеспечивает управление режимами работы АТ по радиointерфейсу. Антенна ИБС должна располагаться на расстоянии не менее 0.5 м от АТ (в задней полусфере вокруг АТ), и только при его работе значения *ППЭ* в точке измерений не должны превышать 0.3 мкВт/см<sup>2</sup>. В качестве ИБС можно использовать тестеры сотовых радиотелефонов Wavetek/Willtek серий 41xx–44xx, Rohde&Schwarz CTS55 или аналогичные.

Для каждого образца АТ измерения значений *ППЭ* осуществляются в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИ на трех рабочих частотах (частотных каналах) для каждого из стандартов радиосвязи, поддерживаемых испытуемым АТ, в режиме "разговор". Частоты измерений выбираются в начале, в середине и в конце рабочего диапазона частот АТ для данного стандарта. Выбор стандарта радиосвязи и установку рабочей частоты АТ производят с использованием ИБС. Рекомендуется использовать анализатор спектра или сканирующий приемник для контроля рабочей частоты АТ.

Во время измерений оператор СИ не должен находиться между АТ и антенной-преобразователем СИ. Контроль показаний СИ рекомендуется выполнять дистанционно.

На каждом из частотных каналов измерения значений *ППЭ* проводят не менее трех раз. Полученные значения *ППЭ* усредняются арифметически. Результаты измерений заносят в протокол в виде:

$$ППЭ_{\text{изм}} \pm \Delta ППЭ_{\text{изм}},$$

где:  $ППЭ_{\text{изм}}$  – измеренное значение *ППЭ*, мкВт/см<sup>2</sup>;  $\Delta ППЭ_{\text{изм}}$  – абсолютное значение основной погрешности измерений *ППЭ*, мкВт/см<sup>2</sup>.

В случае если АТ имеет выдвижную антенну, измерения выполняются при задвинутой и полностью выдвинутой антенне.

В протоколе измерений должны быть приведены сведения о производителе и модели АТ, его номер IMEI, указаны условия измерений: стандарт радиосвязи, выходная мощность АТ, частотные каналы.

Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, осуществляется в соответствии с требованиями [1]. Считается, что испытываемая модель (тип) АТ удовлетворяет требованиям [1], если соблюдается следующее неравенство:

$$ППЭ_{\max} + \Delta ППЭ_{\max} \leq 3 \text{ мкВт/см}^2,$$

где:  $ППЭ_{\max}$  – максимальное из среднеарифметических значений  $ППЭ$ , мкВт/см<sup>2</sup>, полученных для всех частотных каналов и стандартов радиосвязи, поддерживаемых АТ;  $\Delta ППЭ_{\max}$  – абсолютное значение основной погрешности измерений  $ППЭ$ , мкВт/см<sup>2</sup>.

Авторы считают, что вышеприведенная методика позволит обеспечить достоверность, воспроизводимость и повторяемости результатов испытаний АТ, и, в итоге, повысит адекватность санитарно-эпидемиологической экспертизы данного вида продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи: Методические указания МУК 4.3.1676–03. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2003.
3. Пальцев Ю.П., Меркулов А.В. О проблемах гигиенической оценки интенсивности электромагнитного поля абонентских терминалов сотовой связи. // в сб. "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции 20–22 сентября 2004 г., Москва. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 26 февраля 2004 г., Москва. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004 – С.183–189.
4. Репачоли М.Г. Всемирная организация здравоохранения о российском стандарте безопасности для мобильных телефонов. // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2004–2005 – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006. – С.38–40.
5. Григорьев О.А. О санитарно-эпидемиологической оценке абонентских терминалов сотовой радиосвязи. // Ежегодник Российского нацио-

- нального комитета по защите от неионизирующих излучений 2004–2005 – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006. – С.40–48.
6. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А. Анализ практического применения методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой радиосвязи. // Сборник докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности ЭМС–2006. – С.Петербург: ВИТУ, 2006. – С.632–634.
  7. IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques ANSI/IEEE 1528–2003. – New York, NY: IEEE, 2003.
  8. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity of the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) IEC 62209-1. – Geneva: IEC, 2005.

#### PROPOSAL FOR MODIFICATION OF THE MOBILE PHONES' SAFETY TESTS PROCEDURE

*Oleg A. Grigor'ev, Anton V. Merkulov, Alexander A. Vorob'yov*

*Centre for Electromagnetic Safety, Moscow*

It was shown that the Russian standard MUK 4.3.1676–03 for the mobile phones' safety tests, which is currently in use, does not guarantee results reproducibility and repeatability. Modified version of measurement procedure for this standard is proposed to obtain adequate measurement results.

## МЕТРОНИДАЗОЛ – ПРОТЕКТОР ЖИВЫХ КЛЕТОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ

*Кузнецов П.Е., Малинина Ю.А., Попыхова Э.Б., Сомов А.Ю.*

*Саратовский государственный университет, г. Саратов*

### **АННОТАЦИЯ**

Проведены исследования комбинированного воздействия метродиназола и КВЧ излучения на гемолитическую устойчивость эритроцитов крови белых беспородных крыс и хемотаксическую активность *Paramecium caudatum*. Предполагалось, что резонансное взаимодействие КВЧ излучения с водными и биологическими средами обуславливается внутренними структурными и волновыми свойствами этих сред. Определен ряд химических веществ, способных существенно изменять эти свойства воды и биологических сред. Расчетными методами показано, что 1-(2'-гидроксиэтил)-2-метил-5-нитроимидазол (лекарственная форма – метродиназол) блокирует доступ ксенобиотиков к клеточной мембране за счет образования слоя примембранной воды со сниженной диффузионной подвижностью и может оказывать протекторное действие при воздействии детергента на клетки. Исследования проводились в диапазоне частот 52-75 ГГц. Плотность потока излучения в месте расположения биообъекта устанавливалась равной 120 мкВт/см<sup>2</sup>. Показано, что метронидазол оказывает протекторное действие на эритроцитные мембраны, препятствуя их разрушению ЭМИ на частотах 53 ГГц и 65 ГГц. Протекторный эффект действия метродиназола обуславливается способностью стабилизировать структуру сетки водородных связей приповерхностной воды клеток.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В ряде работ указывается, что важную роль в нетепловых эффектах воздействия ЭМИ на биологические объекты играет вода [1]. Появились публикации, указывающие на наличие так называемых резонансных частот ЭМИ [2]. В этой связи особого внимания заслуживает эффект (СПЕ-эффект) резонансного возбуждения объемных молекулярных волн миллиметровым излучением в воде и водосодержащих средах [1, 2]. С достаточной степенью вероятности можно предположить, что СПЕ-эффект будет играть решающую роль в раскрытии механизмов воздействия ЭМИ на биологические системы. Авторы СПЕ-эффекта высказали рабочую гипотезу о том, что резонансное взаимодействие КВЧ излучения с водными и биологическими средами обуславливается внутренними структурными и

волновыми свойствами этих сред. Известен целый ряд химических веществ, способных существенно изменять эти свойства воды и биологических сред. Известны также вещества, способные блокировать доступ ксенобиотиков к клеточной мембране за счет перестройки сетки водородных связей приповерхностной воды, приводящей к образованию водного примембранного слоя со сниженной диффузионной подвижностью /3/. В частности, 1-(2-гидроксиэтил)-2-метил-5-нитроимидазол (лекарственная форма – метродиназол, МЗ) обладает способностью оказывать протекторное действие при воздействии детергента на клетки по аналогичному механизму /3/. В связи с этим были проведены исследования комбинированного воздействия метродиназола и КВЧ излучения на гемолитическую устойчивость эритроцитов крови белых беспородных крыс и хемотаксическую активность *Paramecium caudatum*.

Основной целью при изучении эффектов комбинированного действия ЭМИ и химических факторов является выяснение вопроса: каким образом в условиях комбинации модифицируется влияние каждого из действующих факторов? Произойдет ли простая суммация эффектов, характерных для отдельно действующих факторов, появятся ли новые реакции, будет ли повреждающий эффект существенно усилен, или, быть может, напротив – ослаблен? В зависимости от ответа на эти вопросы можно судить о суммации, потенцировании или взаимном ингибировании (антагонизме) эффектов.

В качестве источника миллиметрового излучения использовался генератор Г4-142. Биологические объекты облучались с помощью пирамидальной рупорной антенной длиной 12 см и апертурой 42×50 см<sup>2</sup>. Уровень мощности регулировался встроенным аттенуатором, измерялся термисторной головкой М5-50 и измерительным мостом М4-3. Плотность потока излучения в месте расположения биообъекта определялась расчетными методами и устанавливалась равной 120 мкВт/см<sup>2</sup>. Время экспозиции составляло 30 минут. Исследования проводились на трех частотах 53 ГГц, 65 ГГц и 69 ГГц. Первые две частоты соответствуют частотам резонансного взаимодействия КВЧ излучения и воды (СПЕ-эффект), третья частота лежит вне области резонанса.

Гемолитическую устойчивость эритроцитов оценивали по количеству негемолизированных клеток в образцах, пропорциональному оптической плотности раствора на длине волны поглощения 670 нм. Результаты проведенных экспериментов представлены на рисунках 1-2.

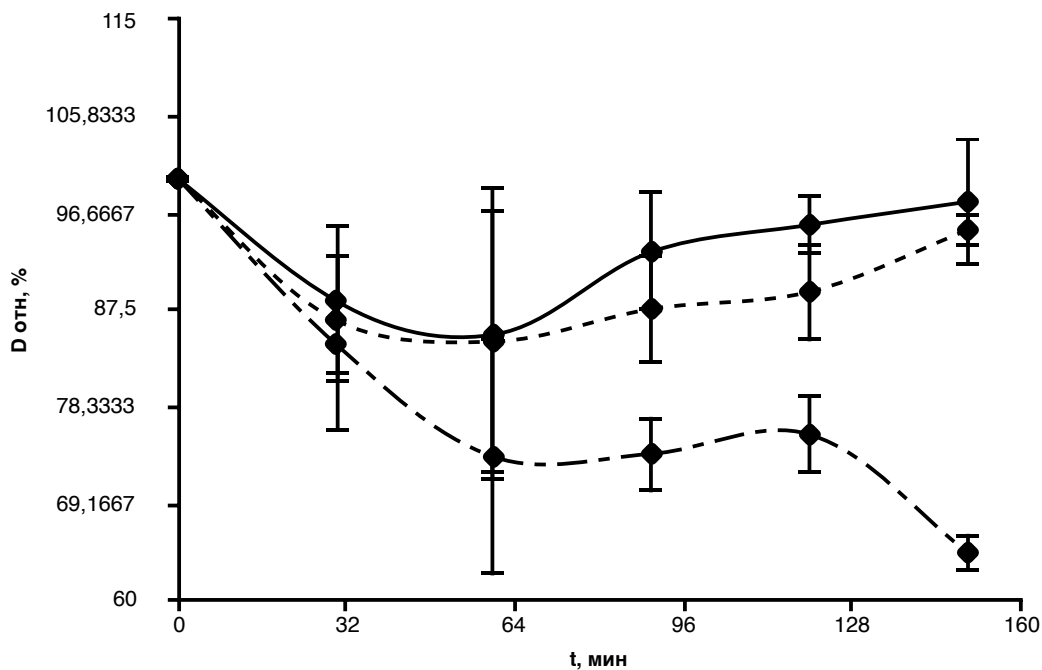


Рисунок 1. Графики зависимости оптической плотности эмульсии эритроцитов от времени под воздействием ЭМИ частотой 53 ГГц (штрих-пунктирная линия), метронидазола с концентрацией  $(5 \cdot 10^{-6})\%$  (сплошная линия) и их комбинации (пунктирная линия). За 100% принята оптическая плотность суспензии эритроцитов без воздействия ЭМИ и в отсутствии метронидазола.

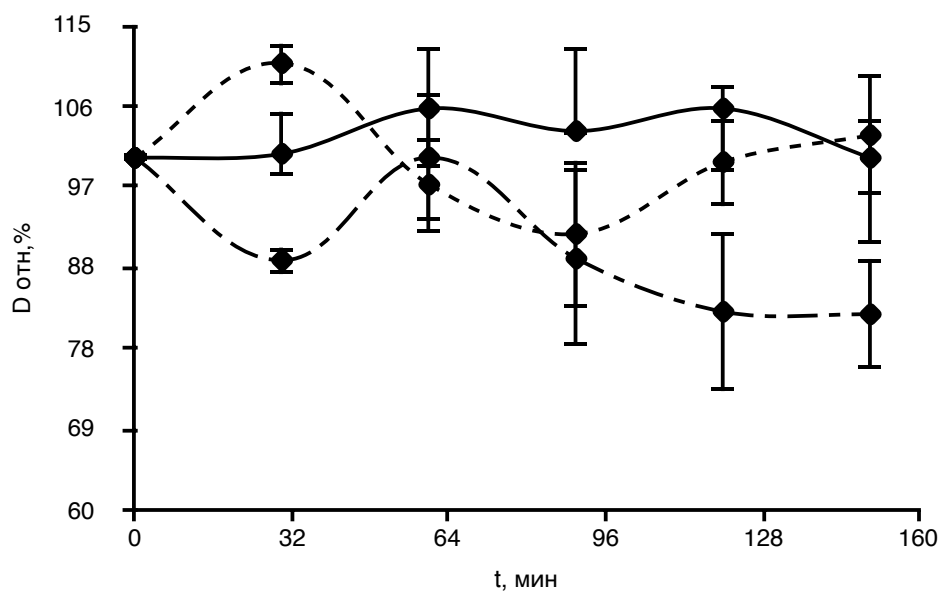


Рисунок 2. Графики зависимости оптической плотности эмульсии эритроцитов от времени под воздействием ЭМИ частотой 65 ГГц (штрих-пунктирная линия), метронидазола с концентрацией  $5 \cdot 10^{-6} \%$  (сплошная линия) и их комбинации (пунктирная линия). За 100% принята оптическая

плотность суспензии эритроцитов без воздействия ЭМИ и в отсутствии метронидазола.

Следует отметить, что метронидазол в отсутствии излучения оказывает слабое влияние на гемолитическую устойчивость эритроцитов.

Известно, что обычно действие ЭМИ и химических веществ суммируется либо потенцируется /4,5/. На частоте 69 ГГц действительно наблюдался эффект суммации или слабого потенцирования – более точно определить это невозможно, т.к. соответствующие кривые совпадают с точностью до ошибок эксперимента. Однако, на частотах 53 ГГц и 65 ГГц наблюдалось обратное – метронидазол значительно уменьшал влияние ЭМИ, наблюдался четкий антагонистический эффект.

То есть, аномальный эффект комбинированного воздействия ЭМИ и метронидазола наблюдается только на частотах резонансного воздействия. Таким образом показано, что метронидазол оказывает протекторное действие на эритроцитные мембраны, препятствуя их разрушению ЭМИ на резонансных частотах. В этом случае разумным выглядит объяснение протекторного эффекта метронидазола его способностью стабилизировать структуру сетки водородных связей приповерхностной воды клеток.

Действительно, в предыдущих исследованиях показано /3/, что метронидазол создает мощную гидратную оболочку малоподвижной воды вблизи поверхностей, в том числе – вблизи поверхностей мембран живых клеток. В этом слое вода более упорядочена, чем в объемной фазе. С другой стороны, хорошо известно /1,2/, что ЭМИ на резонансных частотах разупорядочивает структуру сетки водородных связей воды. Таким образом, действие на структуру сетки водородных связей воды метронидазола и ЭМИ на резонансных частотах является противоположным. Это, вероятно, и обуславливает наблюдающийся антагонистический эффект, приводящий к протекторному действию метронидазола, предотвращающему разрушение эритроцитов под действием ЭМИ на резонансных частотах.

Для подтверждения предположения о гемолитическом действии ЭМИ на эритроциты проводился прямой подсчет количества эритроцитов в контрольных и опытных образцах с помощью камеры Горяева. Полученные данные свидетельствуют о высоком проценте гемолиза под воздействием излучения на частотах 53 ГГц и 65 ГГц ( $63,1 \pm 4,3\%$ ) и его снижении при введении в пробу метронидазола ( $32,7 \pm 5,4\%$ ).

Аналогичные эффекты наблюдались в экспериментах с использованием в качестве тест-объектов инфузорий. Используемых тест основан на использовании двух поведенческих реакций простейших – хемотаксисе и геотаксисе.

Культуру *P. caudatum* выращивали на стандартной среде Лозина-Лозинского. Исходная концентрация культуры при посеве – около 1000 кл/л.

Для опытов использовали простейших возраста 2-3 суток. Концентрацию инфузорий определяли инструментально с помощью прибора «Биотестер-2» ТУ 401-51-005-91, который позволяет определять концентрацию живых движущихся клеток, используемых в качестве тест-объектов.

Результаты экспериментов представлены на рисунках 3-5.



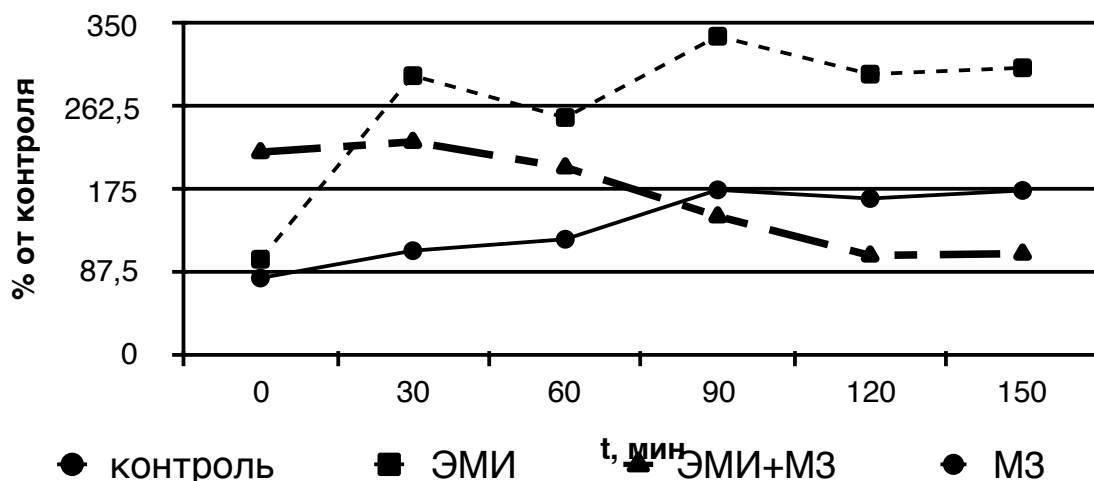


Рисунок 3. Графики зависимости численности движущихся инфузорий (в % от контроля) от времени под воздействием ЭМИ частотой 53 ГГц, метронидазола с концентрацией ( $5 \cdot 10^{-6}$ )% и их комбинации. За контроль принята численность движущихся инфузорий без воздействия ЭМИ и в отсутствии метронидазола.

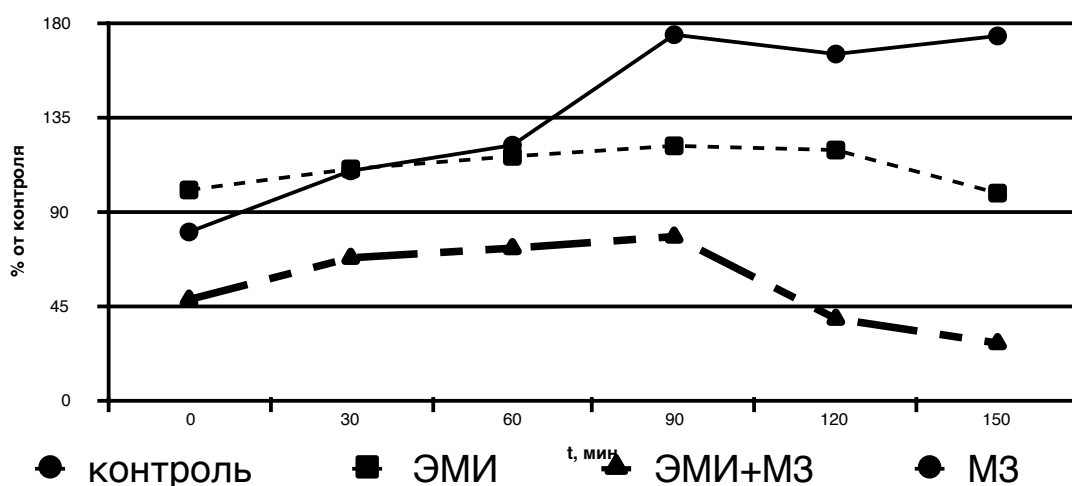


Рисунок 4. Графики зависимости численности движущихся инфузорий (в % от контроля) от времени под воздействием ЭМИ частотой 65 ГГц, метронидазола с концентрацией ( $5 \cdot 10^{-6}$ )% и их комбинации. За контроль принята численность движущихся инфузорий без воздействия ЭМИ и в отсутствии метронидазола.

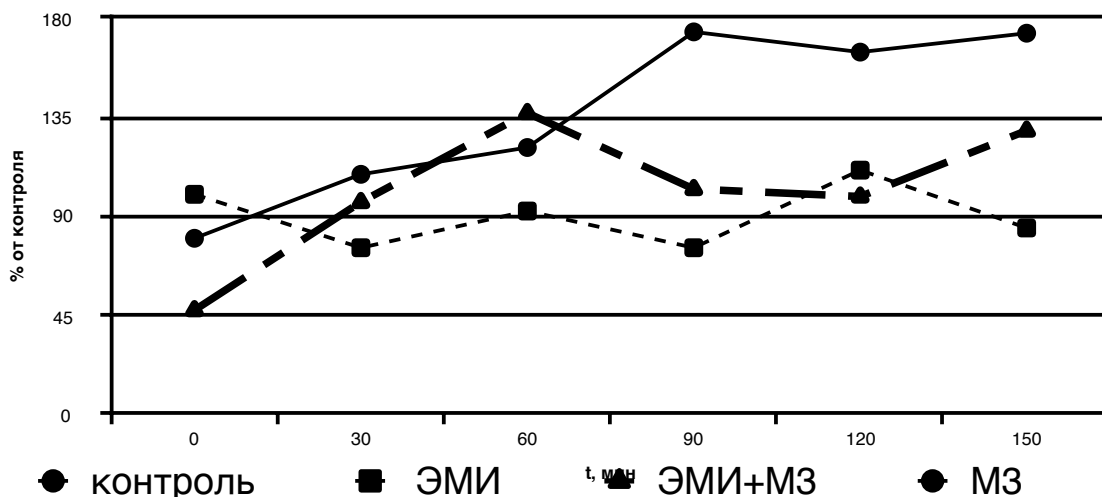


Рисунок 5. Графики зависимости численности движущихся инфузорий (в % от контроля) от времени под воздействием ЭМИ частотой 69 ГГц, метронидазола с концентрацией ( $5 \cdot 10^{-6}$ )% и их комбинации. За контроль принята численность движущихся инфузорий без воздействия ЭМИ и в отсутствии метронидазола.

Таким образом, проведенные исследования показали, что метронидазол обладает протекторными свойствами при воздействии КВЧ излучения на резонансных частотах. Это может быть использовано для решения задачи разработки способов защиты от воздействия ЭМИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Необычные свойства воды в слабых электромагнитных полях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. № 1. С. 37-44.
2. Синицин Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В. Особая роль системы «миллиметровые волны – водная среда» в природе // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. № 1. С. 5-23.
3. Popyhova E.B., Kuznetsov P.E., Rogacheva S.M., Evlakov K.I., Tolmachev S.A., Kupadze M.S. Optical investigations of metronidazolium action on the cell membranes and proteins // SPIE Proceedings. - 2004. - V. 5474. - P.377-384.
4. Зотова Е.А., Малинина Ю.А., Сомов А.Ю. Оценка комбинированного воздействия электромагнитного излучения и химических веществ на *Daphnia magna* Straus // Сборник по материалам 2-й международной конференции «Биотехнология – охране окружающей среды» Москва, 2004. - С.54-55.
5. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лябушева О.А. Влияние добавления в среду цинка и действие КВЧ-излучения на изменение макро- и микро-

элементного состава клеток цианобактерии *Spirulina platensis* // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. - 2003.- № 10. - С. 43-49.

## METRONIDAZOLE – PROTECTOR OF ALIVE CELLS FROM EHF RANGE RADIATION EFFECT .

*Kuznetsov P.E., Malinina U.A., Popyhova E.B., Somov A.U.*

*Saratov State University, Russia*

The combinatory effect of metronidazole (MN) – the drug form of 1-(2-oxyethyl)-2-methyl-5-nitroimidazole – and EHF radiation on the hemolytic stability of erythrocytes of the laboratory rats and hemotoxic activity of *Paramecium candidium* was studied. The resonant interaction of EHF radiation with aqueous and biological media was supposed to be caused by the internal structure and wave properties of these media. With the help of mathematical methods it was shown that MN might induce the formation of water layer with low diffusion mobility. The studies were carried out in the frequency interval 52-75 GHz. The density of the radiation current was 120  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . It was demonstrated that MN protectively effects at the erythrocyte membranes preventing their destruction by the EHF radiation at the resonant frequencies 53 and 65 GHz. The latter may be due to the substance ability to stabilize the structure of hydrogen bonds net of the subsurface water of alive cells.

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КУМУЛЯЦИЯ-ДЕКУМУЛЯЦИЯ В ПРОЦЕССЕ САМООРГАНИЗАЦИИ И ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНИЗМА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРАДИОИНФОРМАТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ)

*Чубий А.Д., Жуков В.О.*

## **АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований электромагнитной (ЭМ) кумуляции и декумуляции человека, находящегося под воздействием внешних техногенных электромагнитных полей (ТЭМП).

Исследования проводились в режиме “Развитие” (“Выживание”) процесса самоорганизации организма при незначительном воздействии ТЭМП, что оценивалось параметрами нормы хаотичности и некоторого отклонения от нее в сторону увеличения собственных электромагнитных излучений (ЭМИ), формирующих на ограниченном множестве несущих частот радиодиапазона электромагнитный образ (ЭМО) человека.

Исследования также проводились при значительном воздействии ТЭМП в режимах “Угнетение” и “Гибель” процесса деградации организма, что оценивалось параметрами вне нормы (ниже нормы) хаотичности собственных ЭМИ на том же ограниченном множестве несущих частот формирующих ЭМО человека вне нормы хаотичности.

Исследован эффект ЭМ кумуляции в режиме “Угнетение” процесса деградации организма, который характеризуется уменьшением хаотичности собственных ЭМИ в зависимости от параметров внешнего ТЭМП и длительности их воздействия на организм, что обуславливает ужесточение режима “Угнетение” и сокращение времени его перехода в режим “Гибель” процесса деградации.

Эффект ЭМ декумуляции возникает при прекращении воздействия на организм ТЭМП обуславливающего до этого кумуляционный эффект. Декумуляция характеризуется самостоятельным восстановительным процессом организма во времени, что отображается увеличением хаотичности на несущих частотах собственных ЭМИ до нормы хаотичности в течение восстановительного периода, который более длительный по времени чем кумуляционный и заканчивается в момент перехода организма в режим “Развитие” процесса самоорганизации.

В условиях воздействия заданных параметров ТЭМП превышающих по времени формирование режима “Угнетение” организм осуществляет переход в режим “Гибель”, что обуславливает невозможность возврата в

режим “Угнетение” процесса деградации и, следовательно, в процесс самоорганизации.

Заключение: исследование кумулятивного эффекта целесообразно проводить на организменном уровне при использовании биорадиоинформативной технологии.

### ПРОБЛЕМА И ЕЕ СОСТОЯНИЕ

В ходе анализа основных результатов современных исследований в области дозиметрии электромагнитных полей радиочастотного диапазона отмечалось [1], что важна постановка специальных экспериментов по установлению возможного кумулятивного эффекта. При этом можно допустить использование любой модели на органном, системном или организменном уровне. Является исключительно важным получить достоверные данные: имеется или нет феномен кумуляции на органном, системном или организменном уровне в условиях хронического действия ЭМП (электромагнитных полей радиочастоты). Это одна из определяющих проблем, связанных с нормированием ЭМП РЧ мобильной связи, которая может предопределить дальнейшую судьбу как Международных, так и отечественных стандартов [2]. По общепринятым на сегодняшний день представлениям под кумуляцией (лат. *cumulatio* – увеличение, накопление) понимается процесс накопления в организме биологически активного вещества (материальная кумуляция) или вызываемых им эффектов (функциональная кумуляция) при повторных воздействиях лекарственных веществ и ядов [3].

Материальная кумуляция свойственна веществам, которые медленно выводятся и/или медленно инактивируются в организме. При этом количество вещества вводимого повторно, суммируется с тем его количеством, которое сохранилось в организме от предыдущего введения; суммарная действующая доза возрастает, что ведет к усилению эффекта вещества. Накопление вещества в организме в процессе материальной кумуляции до уровня токсических доз приводит к развитию интоксикации. Таким образом, когда скорость поступления вещества в организм (высокие дозы, частые приемы) в течение достаточно продолжительного времени оказывается выше скорости его биотрансформации и выведения из организма, следует кумулятивное действие этого вещества. Малая скорость выведения и инактивации веществ находит количественное выражение в высоких величинах “времени действия” ( $t$ ) или “гемикрезы” – времени исчезновения из крови половины введенного вещества ( $T_{50}$ ). Поскольку скорость выведения и обезвреживания лекарственных веществ не является постоянной, может значительно уменьшаться при патологии некоторых органов, вероятность материальной кумуляции возрастает при заболевании этих

органов. Отсюда следует вывод, что уменьшение скорости вывода лекарственных средств регистрируемой процессом кумуляции свидетельствует о заболевании отдельных органов организма.

Функциональная кумуляция доказана экспериментально для препаратов свинца, при длительном воздействии которых кошки погибают при явлениях бульбарного паралича, несмотря на отсутствие признаков материальной кумуляции этих препаратов. Белая горячка у алкоголиков также расценивается как проявление функциональной кумуляции. Функциональная кумуляция наблюдается, как правило, при повторных воздействиях веществ, обладающих необратимым действием.

Так, например, фосфорорганические соединения (диизопропилфторфосфат и др.) ингибируют ацетилхолинэстеразу практически необратимо (на многие часы и дни). При повторных воздействиях малых доз этих веществ количество ацетилхолинэстеразы, постепенно снижаясь, может оказаться недостаточным для инактивации синаптического ацетилхолина, вследствие чего развиваются признаки кумуляции. Действие цитотоксических веществ также имеет черты функциональной кумуляции.

Эффект кумуляции при воздействии техногенных электромагнитных полей (ТЭМП) на организм имеет свою специфику. Жизнеспособность организма на временной шкале жизненного цикла оценивается параметрами собственных хаотических электромагнитных излучений в зависимости от величины внешнего воздействия ТЭМП путем использования биоинформативной технологии в следующем порядке [4]:

-режим “Развитие” процесса самоорганизации (рис. 1 *ab*) оценивается как начальная фаза подпороговой зоны классификации в виде закономерностей нормы хаотичности параметров электромагнитного образа организма в условиях отсутствия воздействия внешних ТЭМП на организм и здоровом его состоянии;

-режим “Выживание” процесса самоорганизации (рис. 1 *bc*) включает основную фазу подпороговой зоны, индифферентную область (области слабой и активной адаптации) классификации [9] и оценивается в виде закономерностей отклонения в сторону увеличения параметров электромагнитного образа (ЭМО) организма в условиях незначительного воздействия внешних ТЭМП на организм и/или легкого его заболевания, которое преодолевается самим организмом;

-режим “Угнетения” процесса деградации (рис. 1 *cd*) включает область экстремальных воздействиях классификации [9] и оценивается в виде закономерностей изменения параметров ЭМО организма вне нормы хаотичности в условиях значительного воздействия внешних ТЭМП на организм, что отображается признаками электромагнитной кумуляции и возможного серьезного заболевания. При немедленном прекращении воздействия внешнего ТЭМП заданных параметров на организм, проявляется его

способность к самостоятельному восстановлению полной работоспособности в течение определенного времени и перехода в режим “Развитие” процесса самоорганизации.

-режим “Гибель” процесса деградации (рис. 1 *dl*) включает зону поражения по классификации [9] и оценивается в виде закономерностей изменения параметров ЭМО организма, как вне нормы хаотичности, так и вне пределов параметров режима “Угнетение” в условиях превосходящего по величине в сравнении с выше приведенными режимами воздействия ТЭМП на организм, состояние которого может усугубляться серьезными заболеваниями. Такой режим усугубляет функциональную электромагнитную кумуляцию и обуславливает невозможность (проблематичность) восстановления жизнеспособности организма даже при немедленной ликвидации внешнего воздействия ТЭМП, так как “время перехода” организма в режим “Развитие” процесса самоорганизации значительно больше, чем время его гибели.

Схематически на рис. 1 представлены ЭМО организма (человека) по полученным экспериментальным данным в виде показателя Хаусдорфа на несущих частотах собственных хаотических ЭМИ 15,3 Гц±15 Гц, 10 МГц±15 Гц, 20 МГц±15 Гц и 30 МГц±15 Гц.

На основе вышеизложенного можно определить, что электромагнитную кумуляцию целесообразно исследовать в режиме “Выживание” процесса самоорганизации и в режиме “Угнетение” процесса деградации организма. В режиме “Развитие” она не проявляется, так как отсутствует внешнее воздействие на организм, а в режиме “Гибель” восстановленные возможности организма значительно уступают начавшемуся процессу гибели организма.

## 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КУМУЛЯЦИЯ И ДЕКУМУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА

В условиях воздействия на организм внешних техногенных электромагнитных полей (ТЭМП) под материальной электромагнитной (ЭМ) кумуляцией будем понимать накопление и суммирование их действий, вызывающих реакцию организма в виде изменения структуры и параметров собственных хаотических электромагнитных излучений (ЭМИ). Материальной кумуляции присущи следующие параметры ТЭМП и реакция на них организма:

-напряженность внешнего поля  $E_{вн}$ , величина которой  $E_{вн} > E_{вн}^{пор}$ ,

где  $E_{вн}^{пор}$  - пороговая напряженность, при которой отсутствует (или незначительная) реакция организма в виде изменения параметров собственных хаотических ЭМИ;

-несущая частота внешнего поля  $f_{вн}$  ;  
 -частота модуляции внешнего поля  $F_{мод}$  ;  
 -длительность воздействия на организм внешнего поля, обуславли-  
 вающая формирование режима “Выживание” ( $T_{в}$ ) процесса самооргани-  
 зации и/или режима “Угнетения” ( $T_{угн}$ ) процесса деградации организма,  
 которые, в конечном счете, определяют длительность процесса восстано-  
 вления организма  $T_{восс}$  , в условиях отсутствия внешнего воздействия в  
 виде электромагнитной декумуляции с момента отключения  $E_{вн}$  .

Материальная ЭМ кумуляция на каждой несущей частоте собствен-  
 ных хаотических ЭМИ  $f_{ni}$  , где  $i$ -й номер поддиапазона выбранных частот  
 радиодиапазона собственных хаотических ЭМИ  $i=1,2,\dots,n$  , оценивается  
 следующим выражением

$$q_{mi}(t > 0) = \frac{E_{вн}(f_{ni}, f_{вн}, F_{мод}, t, T_{в} > 0, T_{угн} > 0, T_{восс} > T_{угн} > 0)}{E_{вн}^{nop}(f_{ni}, f_{вн}, F_{мод}, T_{в} = 0, T_{угн} = 0, T_{восс} = 0, T_{угн} = 0)}$$

где  $t$  – текущее время.

Под функциональной ЭМ кумуляцией понимается реакция организма  
 в виде изменения структуры и параметров собственных хаотических ЭМИ  
 под воздействием параметров ТЭМП формирующих материальную ЭМ  
 кумуляцию, обуславливающих переход организма из режима “Развитие”  
 процесса самоорганизации в режим “Угнетения” (“Выживание”) процесса  
 самоорганизации – деградации.



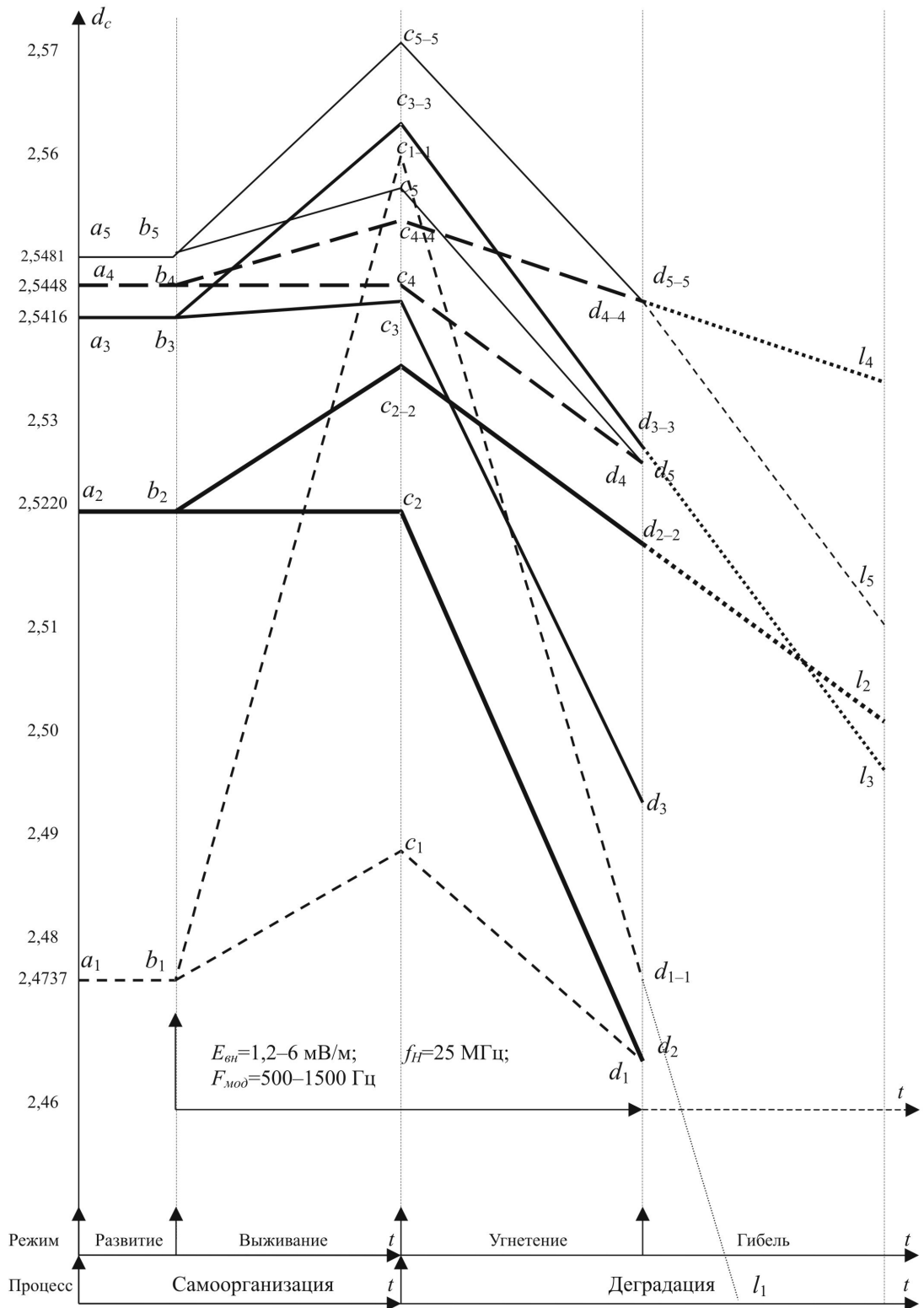


Рис. 1



При этом формирование указанных режимов оценивается такими параметрами, как  $T_{узн}$  (сек) режима “Угнетения” процесса деградации, так  $T_{\epsilon}$  (сек) режима “Выживание” процесса самоорганизации.

Функциональная ЭМ кумуляция оценивается показателем  $q_{\phi i}$  на каждой несущей частоте  $f_{ni}$  собственных хаотических ЭМИ, где  $i=1,2, \dots, n$  следующим выражением

$$q_{\phi i}(t = T_{\epsilon} + T_{узн} + T_{восс} > 0) = \frac{T_{восс}(f_{ni}, E_{вн} \leq E_{вн}^{nop}, f_{вн}, F_{мод}, T_{\epsilon} > 0, T_{узн} \geq 0)}{T_{\epsilon}(f_{ni}, E_{вн} > E_{вн}^{nop}, f_{вн}, F_{мод}) + T_{узн}(f_{ni}, E_{вн} > E_{вн}^{nop}, f_{вн}, F_{мод}, T_{\epsilon} > 0)},$$

где  $T_{\epsilon}$  (сек) – длительность режима “Выживание” процесса самоорганизации в условиях воздействия на организм  $E_{вн} > E_{вн}^{nop}$  и  $F_{мод} = const$  ;

$T_{узн}$  (сек) – длительность режима “Угнетение” процесса деградации организма в условиях воздействия на организм  $E_{вн} \gg E_{вн}^{nop}$  и  $F_{мод} = const$  ;

$T_{восс}$  (сек) – длительность процесса восстановления из режима “Угнетение” (“Выживание”) процесса деградации-самоорганизации в режим “Развитие” процесса самоорганизации в условиях отсутствия (отключения)  $E_{вн}$  самостоятельно осуществляемого организмом процесса электромагнитной декумуляции.

Таким образом, ЭМ кумуляция на каждой несущей частоте собственных хаотических ЭМИ, но не меньше чем на одной несущей частоте, исследуемого радиодиапазона и характеризуется показателями  $q_{mi}(t) > 1$  и  $q_{\phi i}(t) > 1$ .

ЭМ декумуляция на каждой несущей частоте собственных ЭМИ характеризуется показателем  $q_{mi} = 0, q_{\phi i}(t) \rightarrow 0$ .

Следовательно, материальная и функциональная кумуляция отображает взаимодействие организма с внешним ТЭМП как процесс деградации. Процесс восстановления организма с момента ликвидации внешнего на него воздействия ТЭМП, т.е. процесс ЭМ декумуляции, рассматривается как самостоятельный без внешнего воздействия переход организма из

режима “Угнетения” процесса деградации в режим “Развитие” процесса самоорганизации организма.

Однако, показатели материальной  $q_{mi}$  и функциональной  $q_{\phi i}$  ЭМ кумуляции и декумуляции отображают только канву этого явления, как следствие уменьшения хаотичности ЭМИ организма при определенном воздействии на организм в условиях

$$q_{mi}(t) = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{вн}}^{\text{нор}}} > 1$$

$$q_{\phi i}(t) = \frac{T_{\text{восс}}}{T_{\text{е}} + T_{\text{угн}}} > 1$$

Сердцевину ЭМ кумуляции-декумуляции при воздействии на организм внешних ТЭМП (как и других физических полей!!!) целесообразно исследовать на основе первопричины этого явления: закономерностей изменения параметров собственных хаотических ЭМИ организма. Это реализуется путем использования биорадиоинформативной технологии.

Анализ закономерностей изменения показателей ЭМ кумуляции и декумуляции дает возможность исследовать состояние организма и оценить его жизнеспособность как под воздействием ТЭМП, так и при их отсутствии путем использования биорадиоинформативной (БРИНФ) технологии. Данная технология дает возможность оценить процесс ЭМ кумуляции при воздействии ТЭМП на организм обуславливающей переход организма из режима “Развитие” процесса самоорганизации (см. Таблицу 1 гр. 1-4, рис. 2) в режим “Угнетение” процесса деградации (см. Таблицу 2, гр. 1-8, рис. 4) и при последующем воздействии в режим “Гибель” процесса деградации (см. Таблицу 2, гр. 9-12).

Может показаться несколько странным, что описываемый переход не включает режим “Выживание” процесса самоорганизации. Странность объясняется тем, что “Выживание” - это начальная фаза режима “Угнетения” отображаемое периодически на отдельных несущих частотах собственных хаотических ЭМИ в условиях возрастающего воздействия параметров ТЭМП (см. Таблицу 3), которая не имеет четких границ и “плавает” между режимами “Развитие” процесса самоорганизации и режимами “Угнетение” процесса деградации организма.

Создается впечатление, что режим “Выживание” напоминает латанее экипажем пробоин в днище корпуса терпящего бедствие корабля, которому разбушевавшаяся стихия периодически наносит удары. При этом, под усилиями стихии понимается параметры ТЭМП, а под кораблем и его экипажем подразумевается организм, обеспечивающий свою жизнеспособность. Очевидно, что режим “Выживание” процесса самоорганизации

одна из интересующих загадок живого организма, обеспечивающих его живучесть, способность к восстановлению.

Таблица 1. Процесс самоорганизации организма

Поддиапазон несущих частот радиодиапазона	Норма хаотичности (Режим “Развитие”)			Отклонение от номы хаотичности (Режим “Выживание”)					
	Напряженность внешнего поля, (мВ/м)	Показатели Хаусдорфа $d_{с.ср.нх}$ (рис. 1, 2)	Период колебаний хаос-ритма $T_{нх}$ , (сек)	Напряженность внешнего поля, (мВ/м)	Частота модуляции внешнего поля, (Гц)	Показатель Хаусдорфа, $d_{с.ср.в}$ (рис.1, 3)		Период колебаний хаос-ритма, $T_6$ (сек)	
						min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15,3-Гц±15 Гц	-	2,4737 $a_1b_1$	4	1,2	500,700, 900-1500	2,4854 $b_1c_1$	2,5386 $b_1c_{1-1}$	7	45
15,3-Гц±15 Гц	-	- $a_2b_2$	-	6,0	500,600, 1200	2,5224 $b_2c_2$	2,5326 $b_2c_{2-2}$	7	11
10М-Гц±15 Гц	-	2,5416 $a_3b_3$	5	1,2	700,900	2,5411 $b_3c_3$	2,5607 $b_3c_{3-3}$	5	5
20М-Гц±15 Гц	-	2,5448 $a_4b_4$	6	1,2	500, 700-1000	2,5449 $b_4c_4$	2,5515 $b_4c_{4-4}$	5	10
30М-Гц±15 Гц	-	2,5481 $a_5b_5$	8	1,2	500,600, 900-1500	2,5541 $b_5c_5$	2,5811 $b_5c_{5-5}$	6	10

Таблица 2. Процесс деградации организма

Поддиапазон не- су- щих ча- стот ра- дио- диа- пазо- на	Вне нормы хаотичности ЭМО. Режим “Угнетение”						Вне нормы хаотичности ЭМО. Режим “Гибель”				
	Нап- ряж- ен- ность вне- ше- него ЭМ П, (мВ/ м)	Ча- сто- та моду- ляции внеш- него ЭМП, (Гц)	Показа- тель Хаусдор- фа среднее значение за период колеба- ния хаос- ритма, $d_{с.р.угн}$ (рис.1,4)		Пе- риод коле- бания хаос- ритма $T_y$ (сек)		Вре- мя возв- рата орга- низ- ма в исх- одн- ое пол- оже- ние нор- мы хаот- ич- нос- ти ЭМО, (сек)	Нап- ряж- ен- нос- ть вне- ше- го ЭМ П, ( мВ /м)	Ча- сто- та моду- ля- ции внеш- него ЭМП, (Гц)	Показа- тель Хаусдор- фа среднее значение за период колебания хаос- ритма, $d_{с.р.г}$ (рис. 1,5)	
			min	ма- х	mi- n	ма- х				min	ма- х
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15,3- Гц±15 Гц	1,2	600, 800	2,46 47	2,47 35	5	38	>14 0	>>6 ,0	Не опре- де- лено	<2,4 400	<2,4 450
15,3- Гц±15 Гц	6,0	700--11 00, 1300--1 500	2,46 63	2,47 35	5	22, 5	>18 0	>>6 ,0	Не опре- де- лено	<2,4 400	<2,4 650
10М- Гц±15 Гц	1,2	500, 600, 800, 1000-15 00	2,49 37	2,52 88	5	12	Не опре- де- лен- о	>>1 ,2	Не опре- де- лено	<2,4 450	<2,4 950
20М- Гц±15 Гц	1,2	600, 1000-15 00	2,52 76	2,54 28	5,5	16	Не опре- де- лен- о	>>1 ,2	Не опре- де- лено	<2,5 150	<2,5 276

30М- Гц±15 Гц	1,2	700	2,52 83	2,54 26	6,2 5	20	Не опре- деле- но	>>1 ,2	Не опре- де- лено	<2,4 980	<2,5 050
---------------------	-----	-----	------------	------------	----------	----	----------------------------	-----------	----------------------------	-------------	-------------



Не менее интересным является и обратный процесс ЭМ кумуляции – это ЭМ декумуляция, реализуемая организмом самостоятельно в условиях отсутствия внешнего на него воздействия при переходе из режима “Угнетение” процесса деградации (см. Таблицу 2, гр. 1-8, рис. 4) в режим “Развитие” процесса самоорганизации (см. Таблицу 1, гр. 1-4, рис. 2).

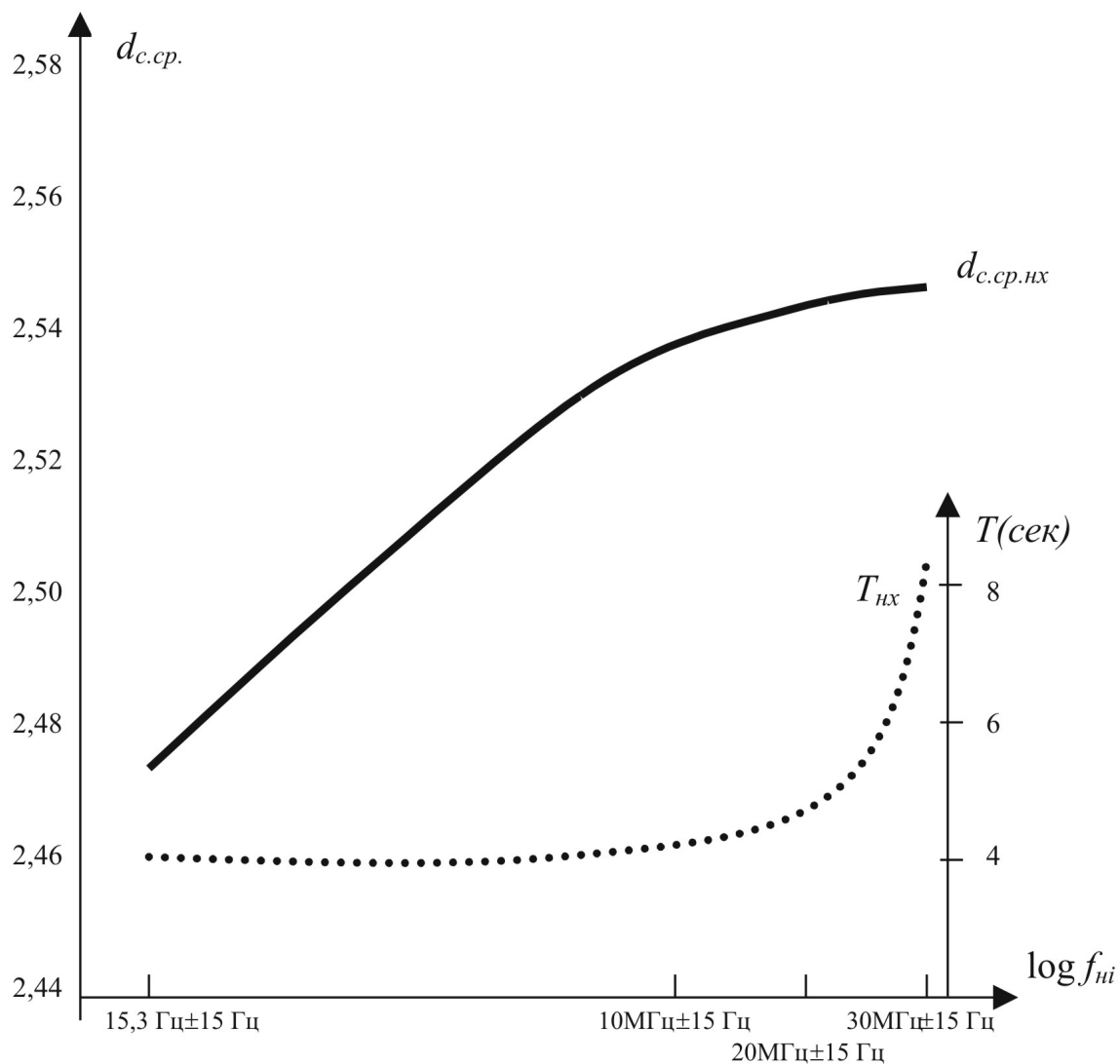


Рис. 2 Режим “Развитие” процесса самоорганизации. Норма хаотичности ЭМО организма при условиях:  $f_{вн} = 0, E_{вн} = 0, F_{мод} = 0$

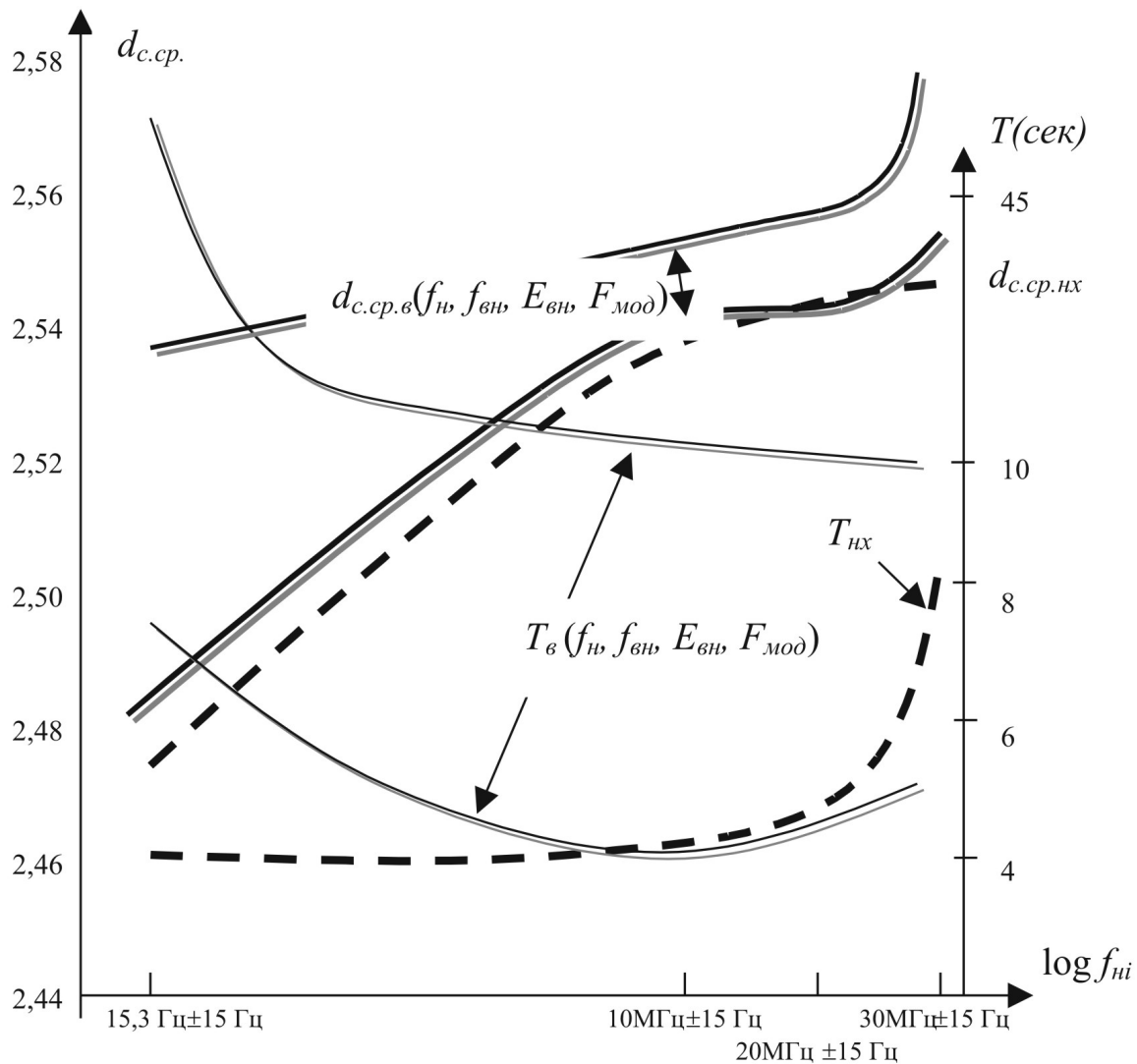


Рис. 3. Режим “Выживание” процесса самоорганизации.  
Отклонение от нормы хаотичности ЭМО организма при условиях

$$f_{вн} = 25 \text{ МГц}; E_{вн} = 1,2 - 6 \text{ мВ/м};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н1} = 15,3 \text{ Гц} \pm 15 \text{ Гц}) = 500, 700, 900-1500 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 6 \text{ мВ/м}; f_{н1} = 15,3 \text{ Гц} \pm 15 \text{ Гц}) = 500, 600, 1200 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н2} = 10 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 700, 900 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н3} = 20 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 500, 700-1000 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н3} = 20 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 500, 700-1000 \text{ Гц}.$$

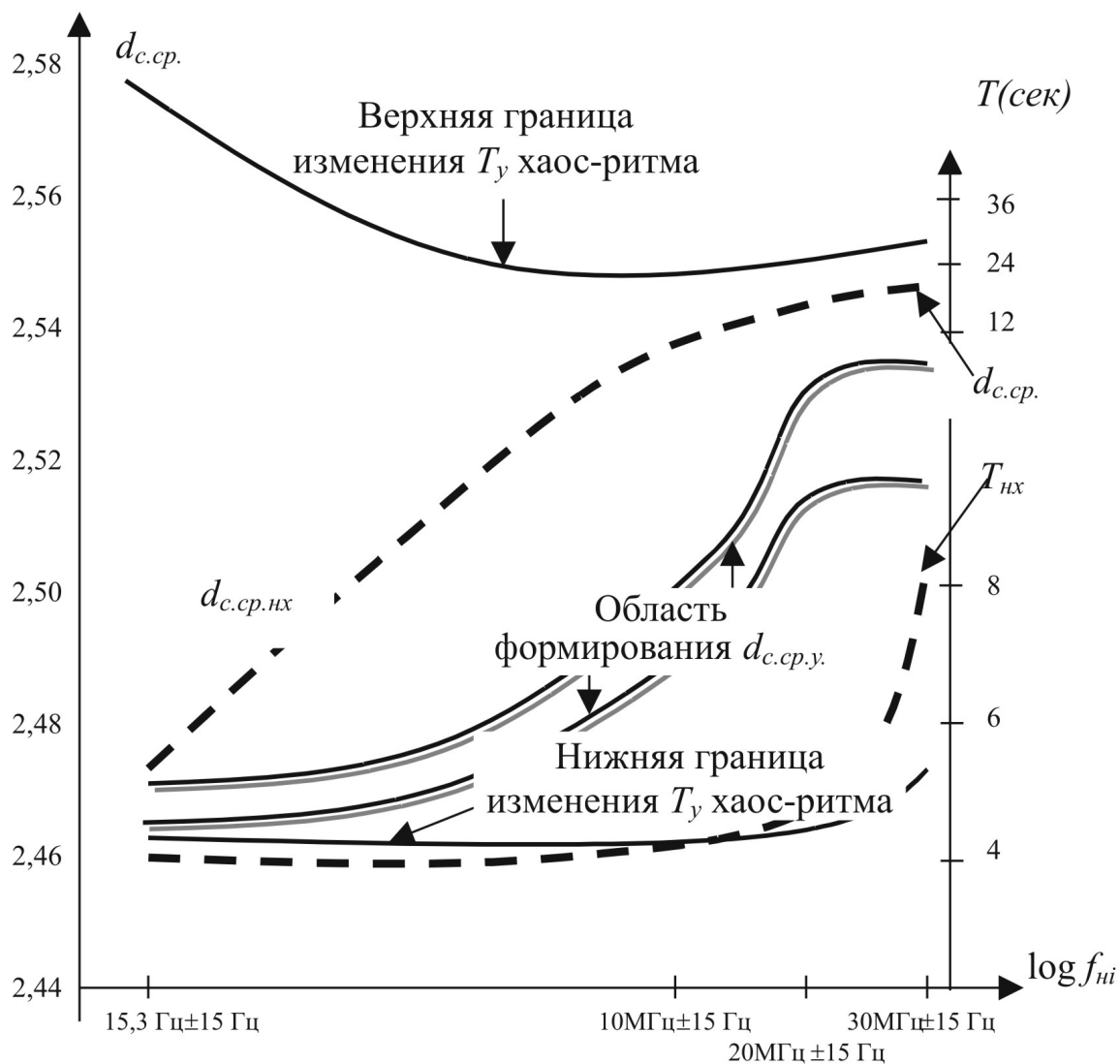


Рис. 4 Режим “Угнетение” процесса деградации. Вне нормы хаотичности ЭМО организма при условии:

$$f_{вн} = 25 \text{ МГц}; E_{вн} = 1,2 - 6 \text{ мВ/м};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н1} = 15,3 \text{ Гц} \pm 15 \text{ Гц}) = 600, 800 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 6 \text{ мВ/м}; f_{н1} = 15,3 \text{ Гц} \pm 15 \text{ Гц}) = 700-1100 \text{ Гц}, 1300-1500 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н2} = 10 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 500, 600, 800, 1000-1500 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н3} = 20 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 600, 1000-1500 \text{ Гц};$$

$$F_{мод} (E_{вн} = 1,2 \text{ мВ/м}; f_{н4} = 30 \text{ МГц} \pm 15 \text{ Гц}) = 700 \text{ Гц}.$$

Таблица 3

Процесс	Режим	Напряженность ВИ ЭМП (мВ/м)	Поддиапазон	Частота модуляции ВИ ЭМП (Гц)										
				500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Саморганизация	Выживание	1,2	15,5-Гц±15 Гц	+		+			+	+	+	+	+	+
		6	15,5-Гц±15 Гц	+	+						+			
		1,2	10М-Гц±15 Гц			+		+						
		1,2	20М-Гц±15 Гц	+		+	+	+	+					
		1,2	30М-Гц±15 Гц	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Деграция	Угнетение	1,2	15,5-Гц±15 Гц		+		+							
		6	15,5-Гц±15 Гц			+	+	+	+	+		+	+	+

		1,2	10M- Гц±15 Гц	+	+		+		+	+	+	+	+	+
		1,2	20M- Гц±15 Гц		+					+	+	+	+	+
		1,2	30M- Гц±15 Гц			+								

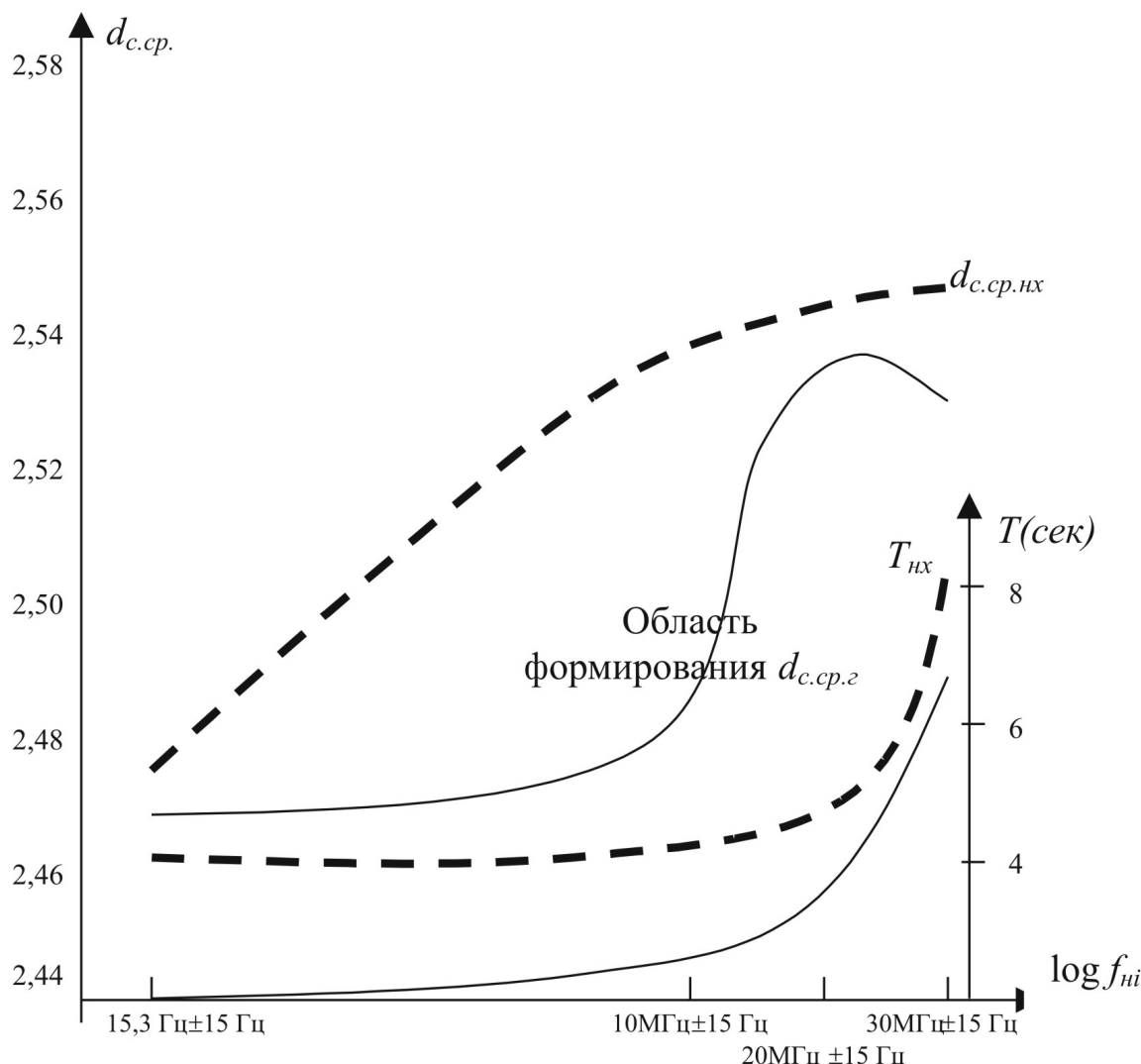


Рис. 5 Режим “Гибель” процесса деградации. Вне нормы хаотичности ЭМО организма при условиях  $E_{вн} \gg 1,2 - 6$  мВ/м.

Особенностью исследуемых процессов является то, что из режима “Гибель” процесса деградации (Таблица 2, гр. 9-12, рис. 5) обратного хода не существует исходя из сущности понятия гибель.

Иллюстрация вышеприведенных переходов из одного режима в другой характеризующих разные процессы в несколько упрощенном виде представлены на рис. 6. На левой стороне нижней части рис. 6 представлены фрагменты ТЭМП формирующие элементы материальной ЭМ кумуляции в виде параметров электрической напряженности ТЭМП  $E_{вн}^{пор} <$

$E_{вн1} < E_{вн2} < E_{вн3}$  промодулированные частотой модуляции  $F_{мод} = const$  (несущая высокочастотная часть сигнала не показана).

Длительность облучения организма внешним ТЭМП определена  $t_1 = T_{узн1}$ ,  $t_2 = T_{узн2}$ ,  $t_3 > T_{узн3}$ ,  $t_3 = T_{узн3} + \Delta T_z$ . При этом величина  $E_{вн}^{nop}$  на режим “Угнетение” влияние не оказывает. Эффект воздействия параметров ТЭМП на организм представлен в верхней левой части рис. 6, где формируются фрагменты функциональной ЭМ кумуляции в виде закономерностей изменения показателя Хаусдорфа [5] ( $d_{с.узн1}$ ,  $d_{с.узн2}$ ,  $d_{с.узн3}$ ,  $d_{с.г}$ ), оценивающие воздействие заданной величины параметров ТЭМП на организм в течение времени  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ .

Как показывают экспериментальные исследования [4]:

- за время  $t_1 = T_{узн1}$  пребывания организма под воздействием ТЭМП напряженностью  $E_{вн1} > E_{вн}^{nop}$  при  $F_{мод} = const$  в режиме “Угнетение” его состояние ухудшается по сравнению с режимом “Развитие” процесса самоорганизации и оценивается величиной показателя Хаусдорфа  $d_{с.узн1} < d_{с.нх}$  (рис. 6 в  $C_1$ );

- за время  $t_2 = T_{узн2}$  воздействие ТЭМП напряженностью  $E_{вн2} > E_{вн1} > E_{вн}^{nop}$  при  $F_{мод} = const$  его состояние в режиме “Угнетение” процесса дегградации ухудшается по сравнению как с состоянием зафиксированным показателем нормы хаотичности  $d_{с.нх}$ , так и соответствующим показателем  $d_{с.узн1}$  и оценивается величиной показателя Хаусдорфа  $d_{с.узн2} < d_{с.узн1} < d_{с.нх}$  (рис. 6 в  $C_2$ );

- за время  $t_3 = T_{узн3} + \Delta T_z$  воздействие ТЭМП напряженностью  $E_{вн3} > E_{вн2} > E_{вн1} > E_{вн}^{nop}$  при  $F_{мод} = const$  его состояние в режиме “Угнетение” процесса дегградации ухудшается по сравнению как с состоянием зафиксированным показателем нормы хаотичности  $d_{с.нх}$ , так и соответствующими показателями  $d_{с.узн1}$ ,  $d_{с.узн2}$  и  $d_{с.узн3}$ . Состояние организма оценивается величиной показателя Хаусдорфа  $d_{с.г} < d_{с.узн3} < d_{с.узн2} < d_{с.узн1} < d_{с.нх}$

определяющий режим “Гибель” процесса деградации (рис. 6  $C_3C_4$ ). Это определяет переход организма из режима “Угнетение” процесса деградации в режим “Гибель” процесса деградации. При условии  $t_3 > T_{угн3}$ , происходит дальнейшее снижение величины  $d_{c.2}$  в зависимости от длительности  $T_z$ , что предопределяет безвозвратный режим “Гибель” даже при отключении внешнего ТЭМП. В первую очередь гибнут органы наиболее чувствительные к ТЭМП, собственные хаотические ЭМИ которых определяют основную часть величины  $d_{c.2}$  (рис. 6  $C_3C_4$ ), где особая точка  $C_3$  - точка соприкосновения [10].

В правой части рис. 6,  $C_1Z_1, C_2Z_2, C_3Z_3$  представлены фрагменты функциональной ЭМ декумуляции (лат. de... – отсутствие, отмена, устранение кумуляции), отображающие закономерности изменения показателя Хаусдорфа  $d_{c.угн}$ , оценивающие восстановительный процесс организма ( $T_{восс}$ ) с момента отключения ТЭМП. Восстановительный процесс характеризуется постепенным ростом величины  $d_{c.угн}$  на каждой несущей частоте  $f_{ni}$  с  $d_{c.угн1}$  ( $d_{c.угн2}$ ) до величины  $d_{c.нхи}$ , где  $i=1,2,\dots,n$ .

Процесс восстановления организма – функциональной ЭМ декумуляции оценивается длительностью  $T_{восс1} < T_{восс2}$  декумуляции, которая  $T_{восс1} > T_{в1} + T_{угн1}$ ,  $T_{восс2} > T_{в2} + T_{угн2}$  и  $d_{c.угн1} > d_{c.угн2}$ .

Таким образом, материально-функциональная электромагнитная кумуляция и функциональная декумуляция – две стороны процесса деградации организма:

- ЭМ кумуляция – это процесс разрушения организма под воздействием внешних ТЭМП, который характеризуется возрастающими со временем показателями  $q_{mi}(t)$  и  $q_{phi}(t)$  в условиях  $E_{вн} > E_{вн}^{nop}$ ;

- ЭМ декумуляция – это процесс восстановления организма при отсутствии ТЭМП, который характеризуется  $q_{mi}(t)=0$  и  $q_{phi}(t) \rightarrow 0$ .

Из вышеизложенного следует, что использование материально-функциональной электромагнитной кумуляции и декумуляции позволяет оценить состояние конкретного живого организма, в том числе человека, на любом временном отрезке его жизненного цикла под воздействием внеш-



них ТЭМП как процесса самоорганизации (режим “Развитие” и “Выживание”), так и процесса деградации (режима “Угнетение” и “Гибели”) [3].

Процессы электромагнитной кумуляции–декумуляции реализуют путем применения биорадиоинформативной технологии на основе концепции нормы хаотичности собственных хаотических ЭМИ организма, позволяющей оценить как “тепловой механизм” его реакции, информационное воздействие, а также их суммарное влияние на состояние исследуемого организма.

В итоге ЭМ кумуляция–декумуляция с позиций биорадиоинформативной технологии – это биологическая реакция организма, находящегося под воздействием внешних ТЭМП или других полей в виде изменяющихся во времени по определенным закономерностям структуры и параметрам собственных хаотических ЭМИ организма на каждой несущей частоте ограниченного множества выбранных частот исследуемого радиодиапазона, которые формируют электромагнитный образ (ЭМО) организма.

Достаточно убедительные примеры ЭМ кумуляции представленные в исследованиях на крысах [7, 8], где изучено влияние микроволн ( $f_n = 7$  ГГц,  $F_{mod} = 400$  Гц), длительность импульса 100 мксек средняя ППЭ 10-20-50 мВт/см<sup>2</sup>, используемая в качестве внешнего воздействия). На модели условного оборонительного рефлекса избегания (УРИ) в импульсном циклическом режиме (5-минутные периоды облучения чередовать с паузой 4 минуты, т.е. согласно биорадиоинформативной технологии чередование, которое многократно повторялось на отдельных крысах).

Анализ приведенных материалов средствами биорадиоинформативной технологии показывает, что режим “Угнетение” процесса деградации, в котором исследовались крысы, осуществлялся в условиях  $T_{угн} > T_{восс}$ , что обуславливает постепенное его перемещение в сторону режима “Гибель” процесса деградации организма, так как существует закономерность: *осуществление выхода из режима “Угнетение” процесса деградации возможно только при отсутствии внешнего воздействия на организм в течении  $T_{восс} \gg T_{угн}$ .*

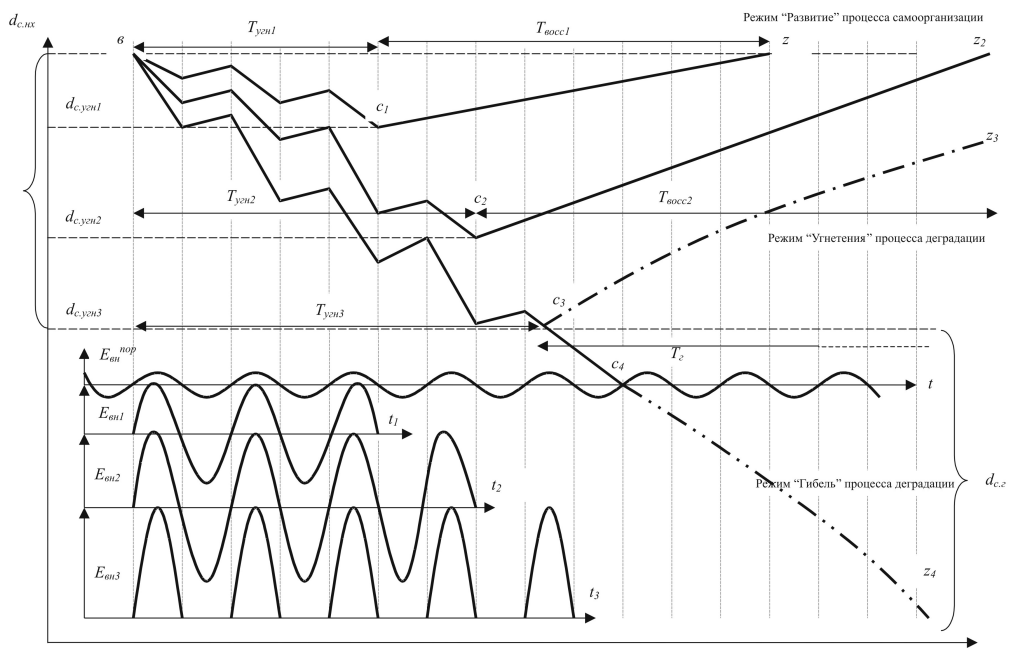


Рис.6

Отсюда следует, что в условиях, когда на организм последовательно воздействовать внешним ТЭМП обуславливающим режим “Угнетение” процесса деградации с временными перерывами, длительность которых меньше, чем организм полностью восстановится, что не обеспечивает переход в режим “Развитие” процесса самоорганизации, то общее состояние организма, находящегося в режиме “Угнетение”, ухудшается. Это фиксируется уменьшением величины  $d_{c.угн}$  до ее критического значения и перехода организма в режим “Гибель” процесса деградации, которые фиксируется величиной  $d_{c.г} < d_{c.угн}$ .

Эффекты ЭМ кумуляции проявляются не только в СВЧ диапазоне, но и на промышленной частоте 50 Гц [6] при интенсивности электромагнитных полей, вызывающих развитие адаптивных и кумулятивных процессов свидетельствующих о выраженной стадии нарушений в функционировании физиологических систем организма.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывают исследования режим “Угнетение” процесса деградации организма находящегося под воздействием техногенного электромагнитного поля по своей сущности явления уникальное в природе. Основным содержанием процесса деградации является электромагнитная кумуляция-декумуляция, фиксируемая реакцией организма в виде изменения структуры и параметров собственных хаотических электромагнитных излучений, хаотичность которых под внешним воздействием и во времени уменьшается, что обуславливает переход организма в режим “Гибель”.

Исследования кумулятивного эффекта [1] по нашему мнению, целесообразно проводить на организменном уровне с использованием биорадиоинформативной технологии исходя из следующего:

- Организменный уровень предполагает использование в качестве исследуемого уже созданный природой функционирующий организм, к которым можно отнести микроорганизмы, куриные эмбрионы, крысы и даже человека. Все они создают собственные хаотические ЭМИ, которые можно исследовать в режиме “Угнетение” процесса деградации.
- Феномен кумуляции-декумуляции возможно получить без изъянов и ряда условностей только на организменном уровне в реальных условиях от полной жизнеспособности организма до формирования режима “Гибель”.

- Модель организма в виде электромагнитного образа идентична для любого живого существа, разница только в каком диапазоне частот собственных хаотических ЭМИ она формируется, по каким закономерностям исследуется ее состояние, при каком внешнем воздействии на организм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Г. Григорьев /Состояние и методология стандартов для ЭМП РЧ с учетом широкого использования населением мобильной связи// Доклад на семинаре Всемирной Организации Здравоохранения по дозиметрии ЭМП радиочастотного диапазона, Москва, Россия, 5-7 декабря 2005, с.6.
2. Ю.Г. Григорьев /Электромагнитные поля подвижной радиосвязи и здоровье населения (оценка риска)// Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, Москва, Издательство АЛЛАНА, 2005, с. 20.
3. Словарь иностранных слов. Издание 14, Москва, “Русский язык”, 1987, с. 266.
4. А.Д. Чубий, В.О. Жуков /Электромагнитный образ человека на основе нормы хаотичности собственных излучений в условиях воздействия техногенных полей окружающей среды (Экспериментальные исследования биорадиоинформативной технологии)// Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, Москва, Издательство АЛЛАНА, 2006, с. 173-174, 183-184, 188, 195.
5. Ф. Мун /Хаотические колебания// Мир, Москва, 1990, с. 216-217.
6. Н.Б. Рубцова, Ю.П. Пальцев, О.А. Григорьев, А.В. Меркулов /Электромагнитные поля промышленной частоты и обеспечение безопасности из воздействия на население// Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, Москва, Издательство АЛЛАНА, 2004, с. 74-75.
7. Л.П. Жаворонков, О.И. Колчанов, Б.В. Дубовик, В.Л. Матренина, В.М. Посадская /Влияние микроволнового облучения на условно-рефлекторную деятельность крыс// Радиационная биология, Радиоэкология, том 43, № 1, 2003, с. 75-81.
8. О.И. Колганова, Л.Н. Павлова, Л.П. Жаворонков, В.С. Глушкова / Влияние циклического импульсного микроволнового излучения на условно-рефлекторную деятельность крыс// Радиационная биология, Радиоэкология, том 44, № 5, 2004, с. 585-588.
9. Шандала М.Г. /Научные основы гигиенической оценки и регламентации физических факторов окружающей среды//Гигиена и санитария, № 10, 1989, с. 4-8.

10. Особая точка /Математический энциклопедический словарь// Москва, Советская энциклопедия 1988 г., с.441, рис. 3в – точка соприкосновения.

ELECTROMAGNETIC CUMULATION / DECUMULATION  
IN PROCESS OF ORGANISM SELF-ORGANIZATION AND DEGRADATION  
(EXPERIMENTAL RESEARCH OF BIORADIOINFORMATIVE TECHNOLOGY)

*A. Tchubiy, V. Zhukov*

Results of experimental research of electromagnetic (EM) cumulation and decumulation of a human exposed to external technogenic electromagnetic fields (TEMF) had been reviewed.

The research was carried out in "Development" ("Survival") mode of organism self-organization under minor exposure to TEMF, which was assessed by parameters of randomness level and certain deviation from this level towards increase of proper electromagnetic radiation (EMR), which forms electromagnetic image (EMI) of a human on the limited set of carrier frequencies within radio band.

The research was also carried out in "Oppression" and "Death" modes of organism degradation under major exposure to TEMF, which was assessed by parameters out of randomness level (below this level) of proper EMR on the same limited set of carrier frequencies within radio band, that form human EMI beyond randomness level.

Effect of EM cumulation was studied in "Oppression" mode of organism degradation, which is characterized by decrease of randomness of proper EMR depending on parameters of external TEMF and duration of the organism exposure, which results in hardening of "Oppression" mode and decrease of time required for its transition to "Death" mode in degradation process.

Effect of EM decumulation appears when organism exposure to TEMF (which caused cumulation effect earlier) discontinues. Decumulation is characterized by autonomous process of organism recovery in time, which is reflected by increase of randomness at proper EMR carrier frequencies to the randomness level within recovery period, which is longer than cumulation period and ends when organism enters "Development" mode of organism self-organization.

Under influence of set parameters of TEMF during the period longer than formation of "Oppression" mode, organism proceeds to "Death" mode, which makes return to "Oppression" mode of organism degradation (and therefore self-organization) impossible.

Conclusion: it is advisable to study cumulative effect at organismic level using bioradioinformative technology.

# АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛЭП

*Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сарокваша О.Ю., Сподобаев Ю.М.*

## **АННОТАЦИЯ**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с анализом влияния электромагнитного поля высоковольтной ЛЭП на состав микрофлоры почвы в зоне ее размещения. Приводятся некоторые результаты исследований в районе прохождения ЛЭП-110 кВ вблизи поселка Безенчук Самарской области.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Использование в возрастающих масштабах человеком электромагнитной энергии привело к тому, что в окружающей среде активно проявляется один из видов энергетического загрязнения, а именно, электромагнитный [1].

С интенсивным развитием современного информационного общества, резко возрастает потребление электрической энергии. Значительно увеличилось количество источников и объектов энергоснабжения, которые в условиях регионов объединены в рамках единой энергетической инфраструктуры [3]. Технологии передачи и распределения электрической энергии не связаны с преднамеренным процессом излучения, однако сопровождаются электромагнитным загрязнением окружающей среды.

Очевидно, что с точки зрения экологических проблем, электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты весьма существенны, так как они часто располагаются непосредственно в природных экосистемах и занимают значительные территории. Так, например, протяженность воздушных линий электропередач напряжением 6 – 1150 кВ в нашей стране составляет более 4.5 млн. км.

Существует множество доказательств ощутимого влияния ЭМП ЛЭП на компоненты различных природных экосистем [3]. В настоящей работе проводится анализ такого влияния на состав микрофлоры почвы на основе результатов расчетного прогнозирования ЭМП.

Линия электропередач является источником как электрического, так и магнитного полей. Уровни поля под линией существенно зависят от высоты подвеса, расстояния между проводами, напряжения в линии, наличия растительного покрова, рельефа местности под линией. Линии постоянного уровня вытянуты вдоль высоковольтной линии, замыкаясь на ней и на

поверхности Земли. На форму силовых линий электрического поля оказывают влияние особенности рельефа местности (см. рис.1). Максимальные уровни соответствуют точкам проекции наибольшего провисания, а в поперечном сечении поле имеет максимумы под проводами. При удалении от проводов напряженность поля резко падает и на расстоянии в несколько десятков метров.

Все ЛЭП, с точки зрения расчета электромагнитного поля, могут рассматриваться как многопроводные направляющие системы с расстоянием между проводами, заведомо существенно меньшим по сравнению с расстоянием до точки наблюдения. Так как при частоте электрического тока  $f = 50$  Гц, выполняется условие квазистационарности, т.е. длина волны значительно больше общей длины рассматриваемых проводников, то распределение амплитуды тока во всей цепи в каждый момент времени можно считать равномерным. Электрическое и магнитное поля в условиях задачи данного типа можно рассматривать, как независимые друг от друга функции и полагать, что электромагнитные волны не излучаются.

При вычислении электрического поля участок протяженной ЛЭП следует рассматривать как систему распределенных вдоль отрезка прямой параллельных заряженных нитей, несущих некоторый эквивалентный заряд, определяемый из погонных параметров и класса напряжения линии [2]. При вычислении магнитного поля линию следует рассматривать как систему параллельных линейных токов.

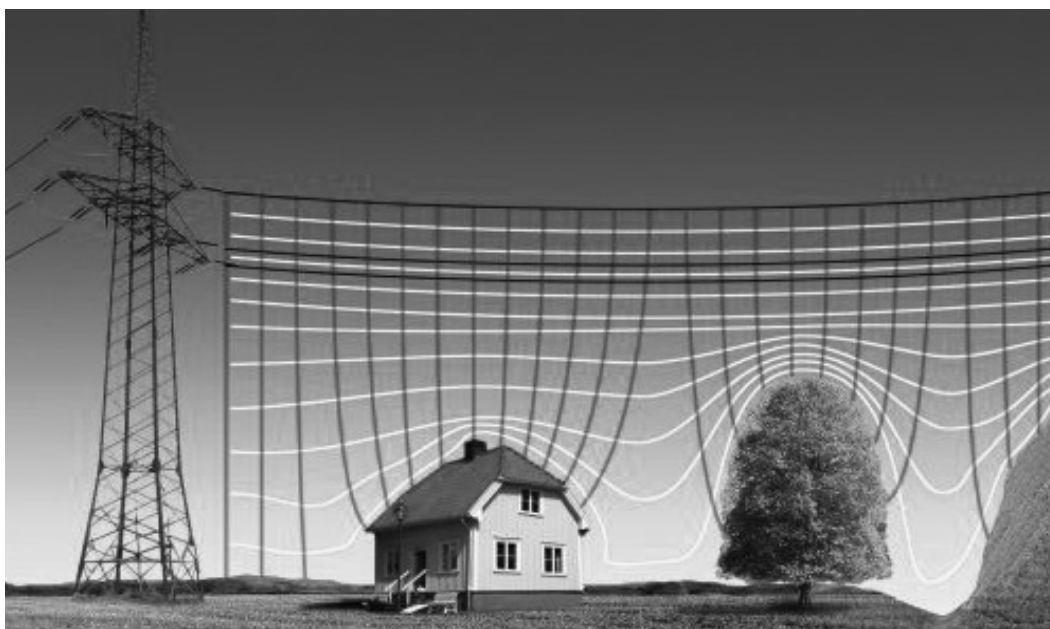


Рис. 1 – Распределение силовых линий электрического поля



При этом делается допущение о том, что нагрузка линии равномерно распределена между фазами и ток в нулевом проводе отсутствует [2].

Рассмотрим модель прямолинейного участка цепи электроснабжения с точки зрения вычисления электрического поля.

Поскольку напряжение в сети не зависит от нагрузки, электрическое поле также оказывается независимым от потребляемого тока.

ЛЭП, конфигурация проводов которой соответствует типовой опоре, размещенная в декартовой системе координат показана на рис.2. Нахождение электрического поля, с учетом названных допущений и ограничений, сводится к решению двумерной квазистатической задачи. Влияние подстилающей поверхности учтено введением зеркального изображения проводников (см. рис.2).

Эквивалентные электрические заряды, соответствующие проводникам линии определяются следующим образом:

$$q_1 = C_1 U_\phi l ,$$

$$q_2 = C_2 U_\phi l \cdot e^{j\Delta} ,$$

$$q_3 = C_3 U_\phi l \cdot e^{-j\Delta} = C_3 U_\phi l \cdot e^{j2\Delta} ,$$

где  $U_\phi$  – класс напряжения ЛЭП,  $\Delta = 120^\circ$  – фазовый сдвиг,  $j$  – мнимая единица,  $C_i$  – погонная емкость электрической системы провод-Земля,  $l$  – длина анализируемого прямолинейного участка ЛЭП.

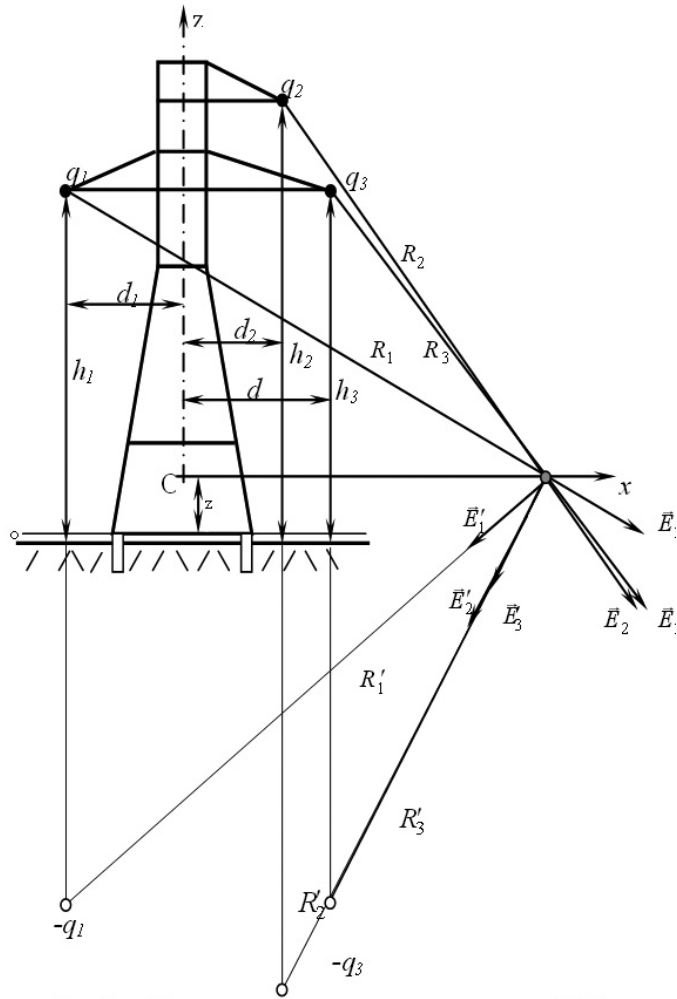


Рис.2 – К расчету электрического поля ЛЭП

Погонная емкость системы провод-Земля  $C_i$ , для  $i$  – го провода ЛЭП определяется методом зеркального изображения. При этом вполне допустимо пренебречь влиянием соседних проводов и опор линии [2].

Искомое электрическое поле определяется геометрическим суммированием полей, создаваемых каждым из проводников в отдельности:

$$E = \sum_{i=1}^N (E_i + E'_i), \tag{2}$$

Выражение, стоящее под знаком суммы в (2) определяет частичное электрическое поле, создаваемое  $i$ -й системой провод-зеркальное изображение;  $N$  — число проводов, соответствующее типу опоры ЛЭП.

Первичное поле,  $i$ -го провода над поверхностью Земли определяется выражением:

$$E_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 R_i^2} = \frac{C_i U_\phi l \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{4\pi\epsilon_0 R_i^2}, \quad (3)$$

где  $R_i = \sqrt{(x - d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}$ ,  $z_0$  – высота точки наблюдения. Выражение (2) с учетом (3) принимает вид:

$$E_i = \frac{U_\phi l \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{4 \ln \frac{2h_i}{a} \left[ (x - d_i)^2 + (h_i - z_0)^2 \right]} \quad (4)$$

Аналогичным образом находится вторичное поле или поле зеркального изображения провода, над поверхностью Земли:

$$E'_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 R_i'^2}, \quad (5)$$

где  $R'_i = \sqrt{(x - d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}$ , или аналогично (4):

$$E'_i = \frac{U_\phi l \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{4 \ln \frac{2h_i}{a} \left[ (x - d_i)^2 + (h_i + z_0)^2 \right]} \quad (6)$$

Модуль вектора, стоящего под знаком суммы в (2) находится при помощи известной теоремы косинусов:

$$\left| \vec{E}_i + \vec{E}'_i \right| = \sqrt{(E_i)^2 + (E'_i)^2 - 2E_i E'_i \cos \psi} \quad (7)$$

где  $\psi$  – угол, образованный векторами  $\vec{E}_i$  и  $\vec{E}'_i$ , который легко определяется из рис.2:

$$2 \cos \psi = \frac{R_i}{R'_i} + \frac{R'_i}{R_i} - \frac{4h_i^2}{R_i R'_i} \quad (8)$$

С учетом принятых ранее обозначений, (7) может быть представлено в виде:

$$\left| \vec{E}_i + \vec{E}'_i \right| = \frac{U_\phi l \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{4 \ln \frac{2h_i}{a}} \sqrt{\frac{1}{R_i^4} + \frac{1}{(R'_i)^4} - \frac{2}{R_i^2 (R'_i)^2} \cos \psi} \quad (9)$$

Геометрическое суммирование в (2) осуществляется исходя из особенностей конфигурации и взаимного расположения проводов, соответствующих данному типу опоры ЛЭП [2].

Результирующее магнитное поле ЛЭП находится геометрическим суммированием частичных полей, аналогично (2):

$$H = \sum_{i=1}^N (H_i + H'_i) \quad (10)$$

где магнитное поле реального провода, или его зеркального изображения находится по формуле (3), при подстановке вместо  $R$ , соответственно,  $R_i$ , или  $R'_i$ . Ток в  $i$ -м проводе, при подстановке в (3) находится следующим образом:

$$I_i = I \cdot e^{j(i-1)\Delta} \quad (11)$$

Выражение (11) записано в предположении о том, что ЛЭП нагружена сбалансировано, и ток в нулевом проводе равен нулю; амплитуда тока  $I$  определяется по сезонному графику загрузки ЛЭП. Типичный график сезонной загрузки ЛЭП показан на рис.3.

Напряженность магнитного поля, создаваемого проводом и его зеркальным изображением соответственно равны:

$$H_i = \frac{I \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}} \gamma \quad (12)$$

$$H'_i = \frac{I \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}} \gamma \quad (13)$$

где  $\gamma = \frac{1}{2}(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$  - коэффициент, учитывающий конечную длину провода.

Модуль вектора, стоящего под знаком суммы в (10), аналогично (2) определяется выражением:

$$|H_i + H'_i| = \frac{I \cdot e^{j(i-1)\Delta}}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{(R'_i)^2} - \frac{2}{R_i^2 (R'_i)^2} \cos \psi} \quad (14)$$



Рис.3 – График загрузки ЛЭП-110кВ

На рис. 4-7 показаны расчетные распределения электрического и магнитного полей ЛЭП-110 кВ, при загрузке, соответствующей режимам, отображенным на рис. 3. При расчетах предполагается, что ЛЭП расположена на типовой опоре, У-35-1 [2], изображенной на рис. 2. Геометрические параметры опоры:  $h_1 = h_3 = 10$  м,  $h_2 = 13$  м,  $d_1 = d_2 = 2.8$  м,  $d_3 = 3.5$  м.

На рис. 4 приведены результаты расчета электрического поля в толще земли по глубине на расстояниях 0 м, 1 м, 2 м, 5 м и 10 м от оси ЛЭП. Нулевая отметка соответствует поверхности Земли.

На рис. 5 показаны результаты расчета магнитного поля на оси ЛЭП для различных режимов токовой нагрузки, соответствующих графику на рис. 3.

На рис. 6 и 7 показаны распределения электрического и магнитного полей на поверхности Земли в поперечном ЛЭП направлении.

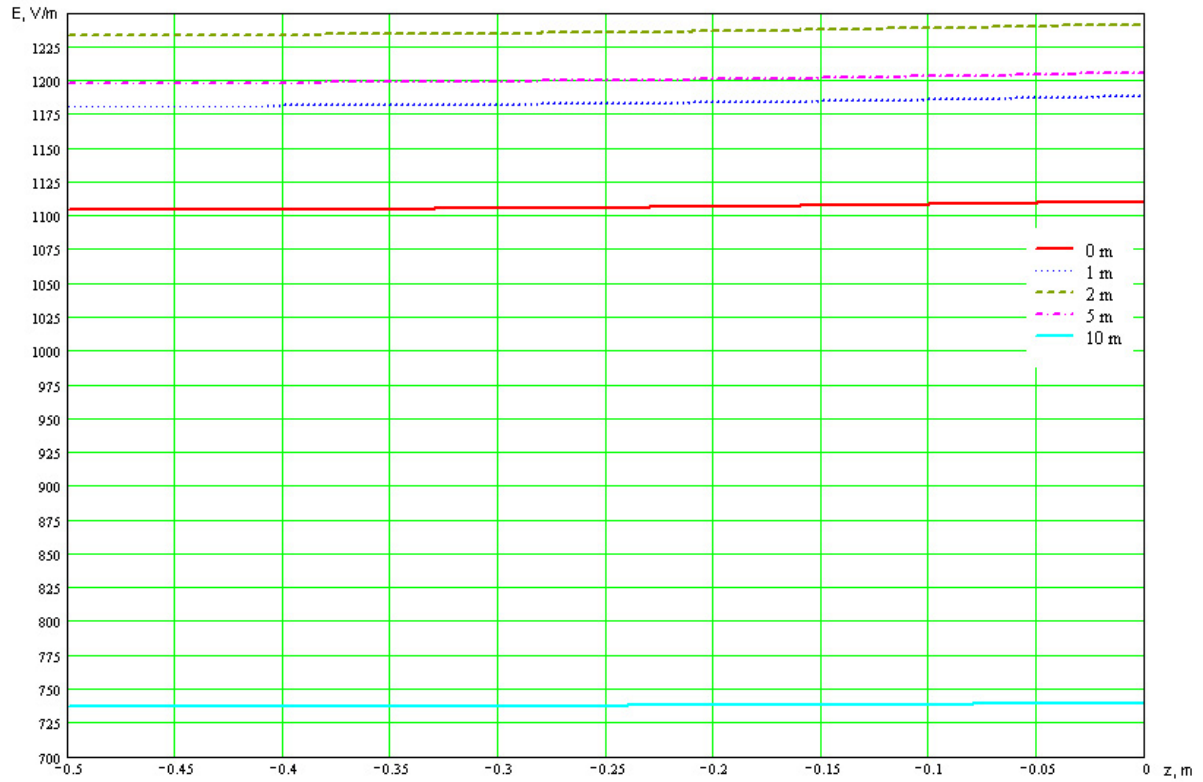


Рис.4 – Распределение электрического поля по глубине на различных расстояниях от оси ЛЭП

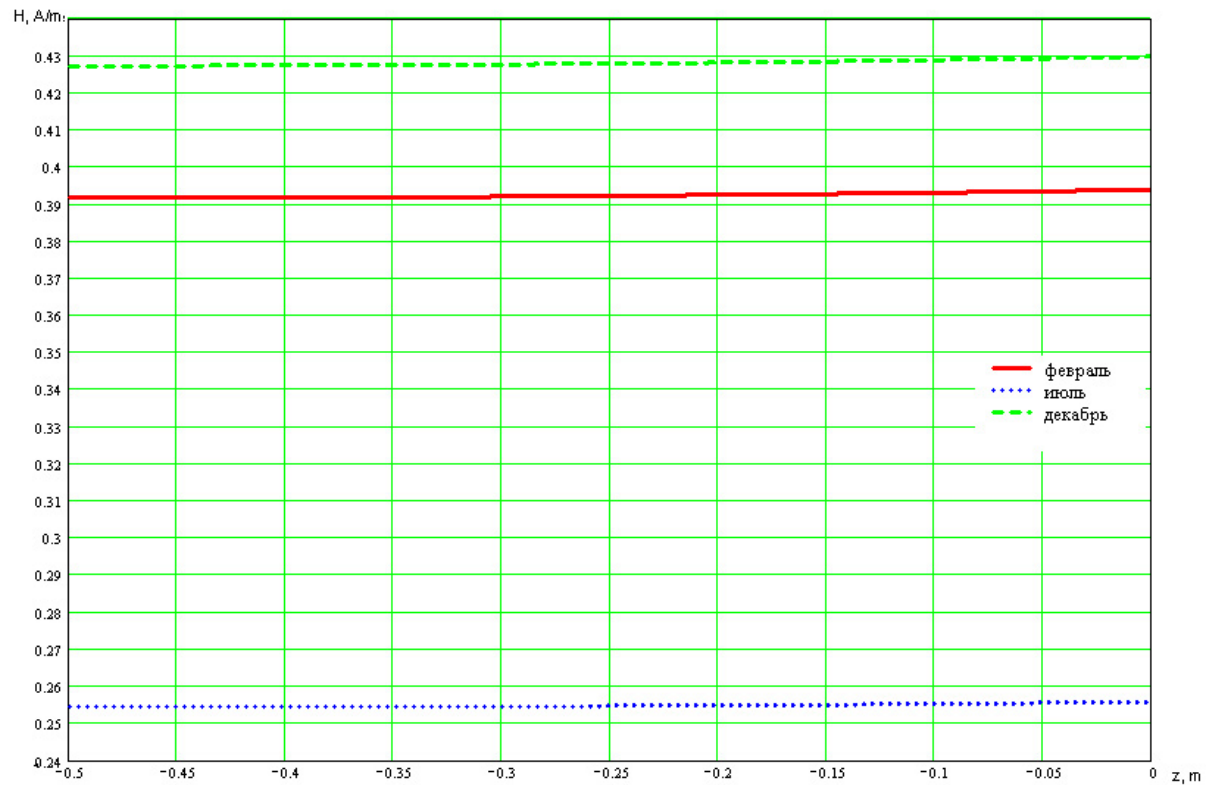


Рис.5 – Распределение магнитного поля по глубине при различных режимах работы ЛЭП

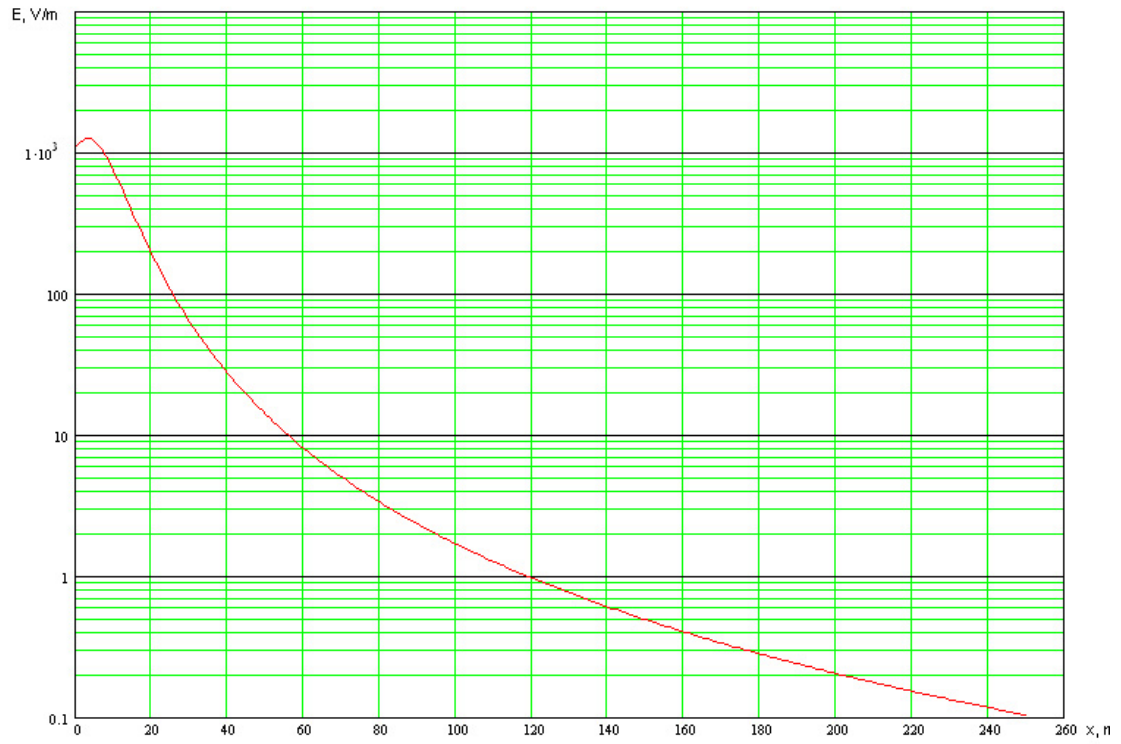


Рис. 6 – Распределение электрического поля ЛЭП в поперечном направлении на поверхности Земли

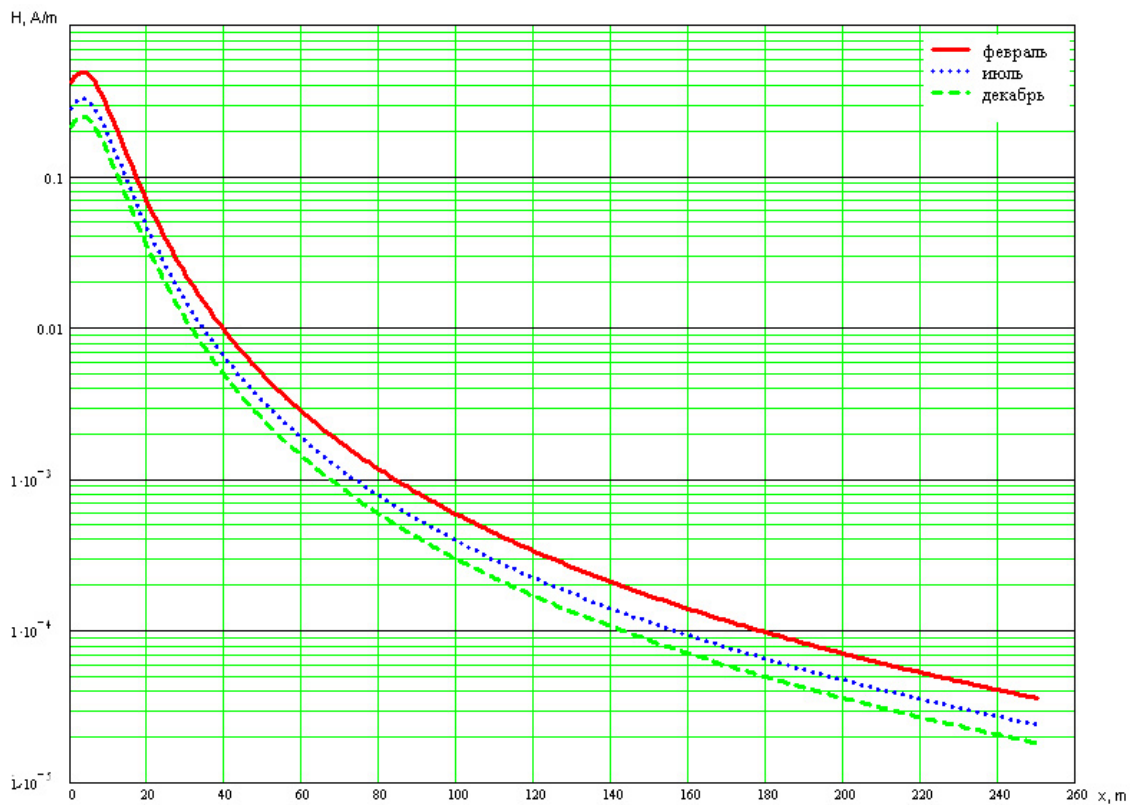


Рис. 7 – Распределение магнитного поля ЛЭП в поперечном направлении на поверхности Земли

Поскольку электрические и магнитные поля ЛЭП меняются слабо на глубине обитания исследуемых микроорганизмов (см. рис. 4, 5), для анализа воспользуемся результатами расчета ЭМП на нулевой отметке.

С точки зрения воздействия ЭМП на биоту почвы, необходимо подчеркнуть, что значительная часть представителей фауны, в отличие от человека, обладает прямыми рецепторами ЭМП и использует естественные ЭМП для поддержания нормальной жизнедеятельности. По мнению авторов, такие виды являются наиболее уязвимыми в ситуации электромагнитного загрязнения.

Электромагнитное воздействие осуществляется на всех уровнях организации: молекулярном, клеточном, тканевом, органном, организменном, популяционно-видовом, биогеоценотическом, биосферном [5]. Работа биологических систем организована по иерархическому принципу. Воздействие на целый организм осуществляется посредством воздействия на клеточном и молекулярном уровнях [6]. Любая живая система, как бы сложно она не была организована, проявляется на уровне взаимодействия биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, и других важнейших органических веществ [4]. Поэтому представляет интерес исследование микрофлоры почвы в зоне электромагнитного влияния ЛЭП.

В данной работе группы микроорганизмов рассматриваются в качестве индикаторов электромагнитных полей. Как параметр биоиндикации исследовалась численность, нитрификаторов, грибов и общей численности микроорганизмов почвы. В исследовании были изучены пробы почвы с полей озимой пшеницы в период всхода. Электромагнитное воздействие изучали на примере ЭМИ ЛЭП-110 кВ в районе села Переполовенка города Безенчук Самарской области. Исследуемые пробы были расположены от источника излучения соответственно на 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150 и 180 метров. Контрольные экземпляры брали на расстоянии 1500 метров от ЛЭП. В каждой точке удаления относительно ЛЭП исследовали 5 образцов почвы.

Полученные в ходе исследования результаты подвергали статистической обработке стандартным способом с помощью критерия Стьюдента [3]. Измерения исследуемых показателей считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Наши исследования свидетельствуют об изменении численности микроорганизмов под влиянием электромагнитных излучений ЛЭП-110. Непосредственно в 0 точке (под ЛЭП-110) численность исследуемых групп микроорганизмов повышается незначительно. При удалении от ЛЭП-110 на 10-20 метров численность некоторых групп микроорганизмов повышается. При большем удалении от ЛЭП-110 на 30 метров численность повышается. Максимальное увеличение численности микроорга-



низмов наблюдается на расстоянии 50 метров от ЛЭП-110. При дальнейшем удалении от ЛЭП-110 на 60 м, 70м и т.д. численность исследуемых объектов повышается относительно контроля; по отношению к максимальной точке численности микроорганизмов (т.50), численность исследуемых групп снижается прямо пропорционально удалению от ЛЭП-110. Изменение численности различных групп микроорганизмов относительно удаления от ЛЭП-110 имеет волнообразную зависимость.

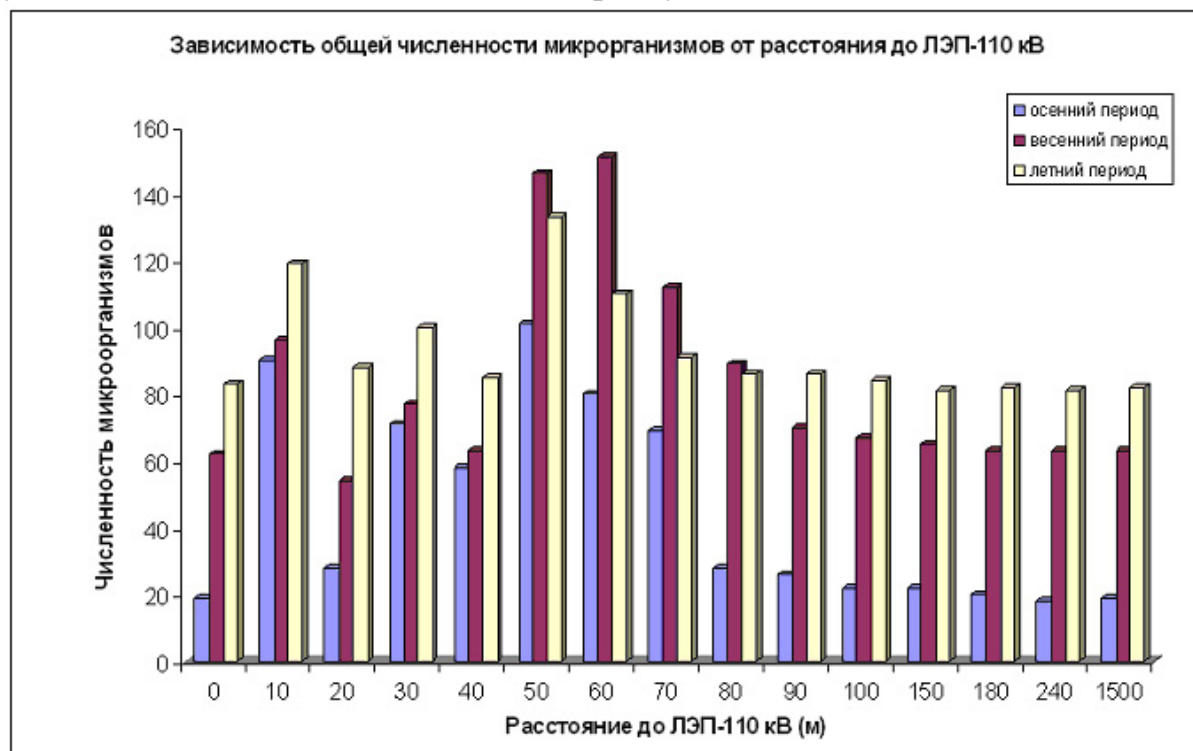


Рис.8 – Зависимость общей численности микроорганизмов

Варьирование численности грибов проб почвы взятых в районе прохождения ЛЭП-110 имеет приблизительно аналогичную тенденцию. Численность различных групп микроорганизмов при воздействии ЛЭП-110 постепенно увеличивается с 30 метров удаления от линии. Максимальное увеличение численности микроорганизмов относительно контроля наблюдается на расстоянии 50 метров от ЛЭП-110. При дальнейшем удалении от ЛЭП-110 численность грибов постепенно снижается, приближаясь по значению к контролю. Минимальное изменение численности микроорганизмов наблюдалось непосредственно под ЛЭП. На расстоянии 100 метров от ЛЭП численность исследуемых параметров достигает контроля и при дальнейшем удалении от ЛЭП численность грибов не изменяется. На рис. 8-10 показаны результаты исследований.

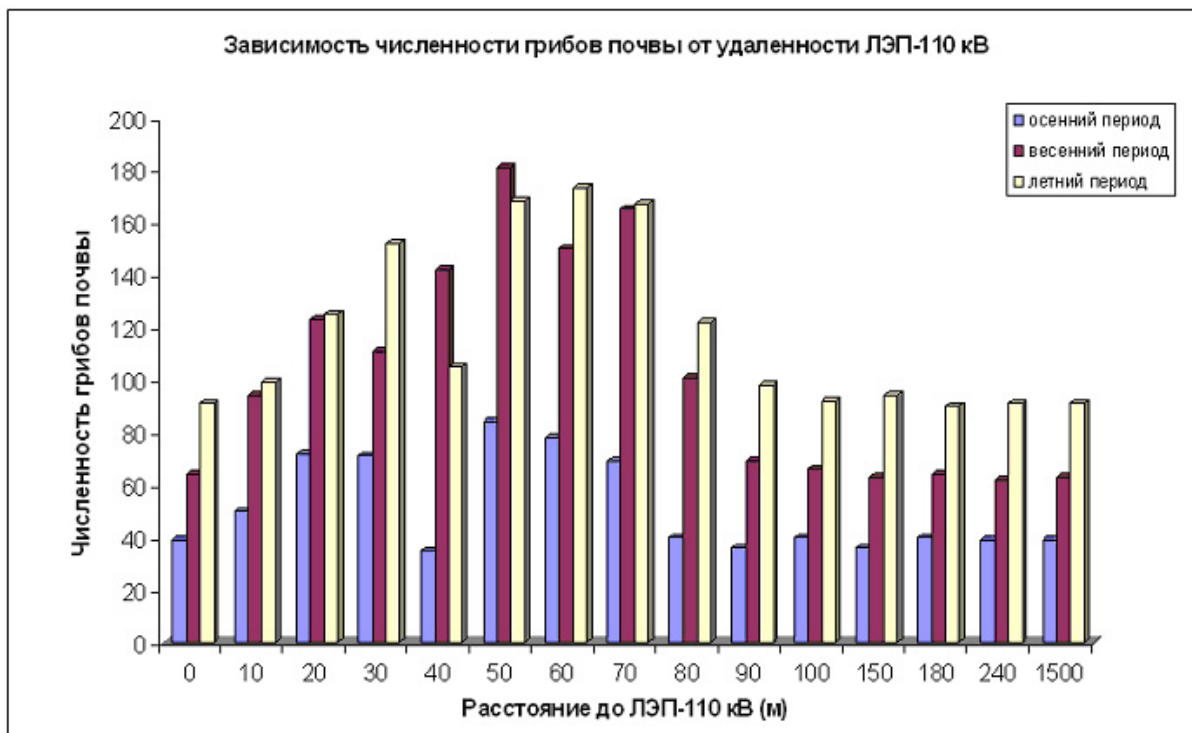


Рис.9 – Зависимость общей численности грибов

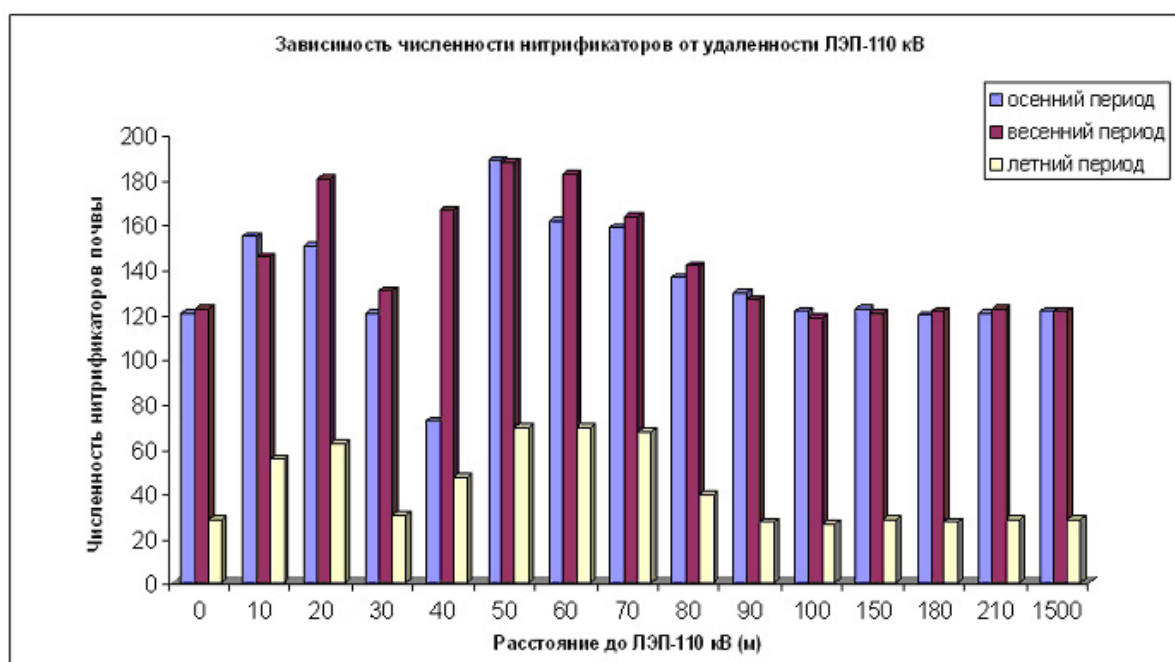


Рис.10 – Зависимость численности нитрификаторов

В основе множества процессов почвообразования лежит биохимическая деятельность микроорганизмов. По мнению С.Н. Виноградского «плотность микроорганизмов пропорциональна их активности». А чем они активнее, тем интенсивнее протекает круговорот веществ в экосисте-

ме, тем выше ее биологическая продуктивность и, возможно, экологическая устойчивость. Особенно это важно для агроэкосистем.

Именно нарушение микробных сообществ может стать причиной разрушения всей экосистемы. Поэтому представляет важным своевременное обнаружение не изменения тех или иных параметров, а изменения состояния почвенной микробиоты, влекущие за собой негативные последствия. Роль каждой группы микроорганизмов в жизни почвы своеобразна и многогранна. По мнению многих исследователей микробиота почвы очень чутко реагирует на различные изменения почвенных условий, поэтому можно обоснованно утверждать, что микробиологические показатели в наибольшей степени подходят для ранней диагностики техногенного повреждения педосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000. – 239 с.
2. Довбыш В.Н., Сподобаев Ю.М., Маслов М.Ю., Сивков В.С., Ружников В.А. Электромагнитные поля в окружающей среде. Расчет электромагнитных полей распределительных и оконечных устройств сетей энергоснабжения. Методические указания. – Самара. 2005. – 57 с.
3. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь.- Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 176с.
4. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. М.: Знание, 1971. - 63 с.
5. Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сивоглазов В.И. Биология. Общие закономерности. М.: Школа- Пресс, 1996.- 13-16с.
6. Фролов Ю.П. Управление биологическими системами. Молекулярный уровень. С.: Самарский Университет, 1999.-28 с.
7. Фролов Ю.П., Серых М.М., Инюшкин А.Н. и др. Управление биологическими системами. Организменный уровень. Самара: Изд-во "Самарский университет", 2001. - 318с .
8. Акоев И.Г. Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования: Сб. Науч. Тр.- Пушино, 1988.- 129- 135 с.
9. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Проблема экологических нормативов в условиях электромагнитного загрязнения окружающей среды./ Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования./ М. 2002 г.
10. Кулагина А.В., Петин В.Г. Специальные аспекты проблемы оценки влияния на население электромагнитных полей неионизирующей природы. / Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования./ М. 2002 г.

THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF  
INDUSTRIAL FREQUENCY ON BIOCHEMICAL STRUCTURE OF  
GROUND IN THE ZONE OF PASSAGE OF HIGH-VOLTAGE POWER  
LINE

*Dovbish V.N., Maslov M.Y., Sarokvasha O.Y., Spodobaev Y.M*

Summary. In this letter the questions connected with the analysis of influence of an electromagnetic field of high-voltage power line on the structure of microflora of ground in a zone of its accommodation are considered. Some results of researches in area of passage 110 kV power line near to settlement Bezenchuk of the Samara area are resulted.

## ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕПАРАЦИИ ДНК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПРИРОДЫ

*Пряхин Е.А.<sup>1</sup>, Тряпичина Г.А.<sup>2</sup>, Коломиец И.А.<sup>1</sup>, Андреев С.С.<sup>1</sup>, Сафонова Е.В.<sup>1</sup>,  
Дерябина Л.В.<sup>2</sup>, Полевик Н.Д.<sup>3</sup>, Аклеев А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины, г. Челябинск

<sup>2</sup> ГОУ ВПО «Челябинский государственный университет», г. Челябинск

<sup>3</sup> ГОУ ВПО «Челябинский агроинженерный университет», г. Челябинск

### АННОТАЦИЯ

С целью оценки генотоксического действия мышей СВЧ подвергали однократному в течение 600 с воздействию электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) (925 МГц, частотная модуляция 217 Гц, средняя плотность потока мощности 1,2 мВт/см<sup>2</sup>) с линейной, правой и левой пространственной поляризационной структурой; электрического поля (частота 217 Гц, напряженность 300 В/м.); магнитного поля (частота 217 Гц, напряженность 0,7 А/м.);  $\gamma$ -излучения в дозе 15 сГр. Влияние факторов электромагнитной природы на эффективность репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК проводили с использованием внешнего острого  $\gamma$ -облучения. Для этого животных через 5 ч после однократного воздействия исследуемых факторов подвергали острому внешнему  $\gamma$ -облучению в дозе 2 Гр. Через 1 сут. после последней экспозиции определяли частоту микроядер в эритроцитах костного мозга.

Воздействие на мышей СВЧ исследуемых факторов (ЭМИ РЧ, магнитное поле, электрическое поле,  $\gamma$ -облучение в дозе 15 сГр) приводит к повышению частоты микроядер в эритроцитах костного мозга. Исследуемые факторы индуцируют в клетках адаптивные реакции, направленные на повышение эффективности репарации ДНК. Пространственная поляризация ЭМИ РЧ модифицирует биологические эффекты ЭМИ.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

За последние два десятилетия в России и за рубежом был опубликован ряд результатов научных исследований, указывающих на особенность развития биологических эффектов при воздействии на организм модулированного по сравнению с непрерывным немодулированным электромагнитным излучением (ЭМИ) [1].

В теоретических и экспериментальных работах с искусственными хиральными средами показано, что эллиптически поляризованное элек-

тромагнитное излучение радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) может специфическим образом взаимодействовать с хиральными средами []. В частности, было показано, что хиральные среды могут проявлять резонансные свойства, изменять распространение, дифракцию и рассеяние эллиптически поляризованного ЭМИ радиочастотного диапазона, несмотря на то, что размеры элементов, составляющих хиральные среды несопоставимо малы по сравнению с длиной волны [].

В то же время существует крайне ограниченное количество работ по оценке биологического действия ЭМИ с различной поляризационной пространственной структурой (эллиптической/ круговой/ циркулярной поляризацией) [], а исследований по оценке влияния пространственной поляризационной структуры (ППС) ЭМИ дециметрового диапазона на млекопитающих практически не проводилось. Тогда, как изучение взаимодействия поляризованного ЭМИ с биологическими мишенями, имеющими ту же или противоположную асимметрию, представляется крайне перспективным, как с точки зрения изучения механизмов биологического действия электромагнитных воздействий, так и с точки зрения изучения физиологии биологических осцилляторов.

В наших экспериментах тестировалась гипотеза о том, что пространственная поляризация неионизирующих ЭМИ может изменять эффект взаимодействия с биологическими системами, характеризующимися хиральной диссиметрией. Для этого, кроме исследования эффектов ЭМИ РЧ с линейной ППС, которая соответствует излучению обычных средств мобильной связи, использовали ЭМИ РЧ с левой и правой пространственной поляризационной структурой. Для оценки биологической роли электрической и магнитной составляющей ЭМИ РЧ были выполнены эксперименты с воздействием на биологические объекты электрического и магнитного полей, имеющих спектр, и напряженность соответствующие ЭМИ РЧ.

Целью исследования являлась оценка влияния различных факторов электромагнитной природы (ЭМИ РЧ с левой, правой и линейной ППС, электрического и магнитных полей,  $\gamma$ -излучения) на ДНК и на эффективность процессов репарации повреждений ДНК в клетках костного мозга мышей СВА.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Эксперименты проводили на базе экспериментального отдела ФГУН УНПЦРМ. Исследования выполнены на мышах линии СВА. Всего было сформировано 14 экспериментальных групп по 10 животных в каждой (табл. 1).

В группах с 1-й по 7-ю животных подвергли воздействию исследуемых факторов однократно в течение 600 с. В группах с 8-й по 14-ю животных подвергли воздействию исследуемых факторов однократно в течение

600 с, а затем через 5 ч –  $\gamma$ -облучению в дозе 2 Гр. Через 1 сут. после последней экспозиции у животных определяли частоту микроядер в эритроцитах костного мозга [1].

Для выявления отличий использовали t-критерий Стьюдента.

Животных облучали импульсным потоком электромагнитной энергии, имитирующим сигнал мобильной связи стандарта GSM без речевой модуляции и скачков по частоте.

Сигнал представлял собой непрерывную последовательность радиоимпульсов трапециевидной формы с частотой повторения импульсов 217 Гц и несущей частотой электромагнитного излучения – 925 МГц

Таблица 1. Условия воздействия на мышей СВА

Экспериментальные группы			
1	Контроль (ложное облучение)	8	Контроль (ложное облучение)+2 Гр
2	ЭМИ РЧ с левой ППС	9	ЭМИ РЧ с левой ППС + 2 Гр
3	ЭМИ РЧ с правой ППС	10	ЭМИ РЧ с правой ППС + 2 Гр
4	ЭМИ РЧ с линейной ППС	11	ЭМИ РЧ с линейной ППС + 2 Гр
5	Электрическое поле	12	Электрическое поле + 2 Гр
6	Магнитное поле	13	Магнитное поле +2 Гр
7	$\gamma$ -облучение, 15 сГр	14	$\gamma$ -облучение, 15 сГр + 2 Гр

Скважность огибающей высокочастотного сигнала (Q) была равна 8. Плотность потока мощности эквивалентной плоской волны (S) равна 1,2 мВт/ см<sup>2</sup> (12 Вт / м<sup>2</sup>).

В качестве излучателя СВЧ энергии использовали антенну турникетного типа, позволяющую легко менять направление вращения поляризации. Турникетная антенна эллиптической поляризации состояла из двух ортогональных полуволновых вибраторов, запитанных со сдвигом фаз  $\pm \pi/2$ . В качестве фазосдвигающего устройства использовали 3 дБ-ный направленный ответвитель, обеспечивающий фазовый сдвиг между двумя выходами  $\pi/2$  в широком диапазоне частот. Сдвиг фазы в длинном плече направленного ответвителя относительно короткого составляет  $\pi/2$ . Смена направления вращения поляризации осуществлялась переключением полуволновых вибраторов с одного выхода направленного ответвителя на другой. В режиме линейной поляризации вся мощность подается непо-

средственно на один из излучателей. Коэффициент эллиптичности поляризационной характеристики излучателя составлял 0,89.

При облучении животных располагали в диэлектрическом контейнере цилиндрической формы, в верхней части которого располагался излучатель электромагнитной энергии. Расстояние от излучателя до животных соответствовало дальней зоне работы излучателя и составляло 0,3 м. С целью исключения влияния отраженной электромагнитной волны на амплитуду воздействующего ЭМИ, контейнер располагали в специальной камере, поверхность которой была покрыта радиопоглощающим материалом.

Измерения плотности потока мощности (ППМ, S) проводили в дальней зоне работы излучателя в безэховой камере на расстоянии 1 м ( $3\lambda$ ) с помощью измерительной антенны Пб-23А, измерителя мощности МЗ-56 с погрешностью измерения  $\pm 7\%$ . При измерении использовали частотные калибровочные таблицы из паспорта на антенну Пб-23А.

Для оценки вклада электрической и магнитной составляющей в реализации эффектов ЭМИ РЧ животных подвергали воздействию электрического и магнитного поля, имеющих спектр (частота 217 Гц), и напряженность соответствующие ЭМИ РЧ с плотностью потока мощности  $1,2 \text{ мВт/см}^2$ . Для оценки влияния электрического поля животных помещали между двумя металлическими пластинами с напряженностью электрического поля 300 В/м. Для оценки влияния магнитного поля животных помещали в катушку с напряженностью магнитного поля 0,7 А/м.

$\gamma$ -облучение животных проводили на установке ИГУР-1 с мощностью дозы 0,7 Гр/мин., неравномерностью  $\gamma$ -поля в рабочем пространстве не более 5%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки генотоксического действия электромагнитных факторов использовали микроядерный тест. В результате проведенных исследований было выявлено, что частота микроядер в полихроматофильных эритроцитах (ПХЭ) костного мозга у мышей СВА в группе ложного облучения составила  $6,6 \pm 0,27 \text{ ‰}$ , в нормальных хроматофильных эритроцитах (НХЭ) –  $2,4 \pm 0,3 \text{ ‰}$  и во всех эритроцитах костного мозга  $4,37 \pm 0,12 \text{ ‰}$  (табл. 2). В этом эксперименте исследуемые электромагнитные факторы привели к повышению частоты микроядер в ПХЭ. Максимальным увеличением показателя при воздействии неионизирующих электромагнитных факторов было в группе, где животные подвергались воздействию магнитного поля со спектром и энергетическим уровнем, соответствующим ЭМИ РЧ с линейной ППС (частота микроядер в ПХЭ была на 60 % больше, чем в контрольной группе). Кроме этого, статистически значимым было повышение частоты микроядер в ПХЭ костного мозга у



животных в группе ЭМИ РЧ с правой ППС (повышение показателя на 25 % относительно контроля). В других экспериментальных группах, где животные подвергались воздействию неионизирующих электромагнитных факторов, изменения частоты микроядер в ПХЭ не достигали статистической значимости. Следует отметить, что наименьшие изменения показателя регистрировались в группе, где животные подвергались воздействию ЭМИ РЧ с левой ППС.  $\gamma$ -облучение животных приводило к максимальному в этом эксперименте повышению частоты микроядер в ПХЭ –  $17,4 \pm 0,98$  ‰. Это было в 2,6 раза больше, чем в группе контроля.

При воздействии неионизирующих электромагнитных факторов было зарегистрировано повышение частоты микроядер в НХЭ на 40 – 60% по отношению к контролю, которое было достоверным в группах, где животных подвергали воздействию ЭМИ РЧ с линейной и правой ППС, электрическому и магнитному полю. Наименьшая частота микроядер в экспериментальных группах была зарегистрирована у животных в группе ЭМИ РЧ с левой ППС.

Частота микроядер во всех эритроцитах костного мозга у животных в контрольной группе составила  $4,37 \pm 0,12$  ‰ (табл. 2).

Таблица 2. Частота микроядер в эритроцитах костного мозга у мышей СВА при воздействии электромагнитных факторов

Экспериментальные группы	Частота микроядер, ‰		
	в ПХЭ	в НХЭ	во всех эритроцитах
Контроль (ложное облучение)	$6,60 \pm 0,27$	$2,40 \pm 0,30$	$4,37 \pm 0,12$
ЭМИ РЧ с левой ППС	$7,40 \pm 0,60$	$3,05 \pm 0,57$	$5,23 \pm 0,50$
ЭМИ РЧ с правой ППС	$*8,30 \pm 0,76$	$*3,86 \pm 0,48$	$*5,94 \pm 0,45$
ЭМИ РЧ с линейной ППС	$6,90 \pm 0,66$	$*3,83 \pm 0,32$	$*5,31 \pm 0,36$
Электрическое поле	$7,10 \pm 0,50$	$*3,41 \pm 0,33$	$*5,10 \pm 0,29$
Магнитное поле	$*10,80 \pm 0,92$	$*3,74 \pm 0,50$	$*7,24 \pm 0,52$
$\gamma$ -облучение, 15 сГр	$*17,40 \pm 0,98$	$*3,55 \pm 0,42$	$*9,91 \pm 0,37$

Примечание: \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля,  $p \leq 0,05$ .

Все неионизирующие электромагнитные воздействия, за исключением ЭМИ РЧ с левой ППС, привели к достоверному повышению частоты микроядер в эритроцитах костного мозга у мышей СВА в среднем на 25%. Максимально выраженными такие изменения были в группе, где животные подвергались воздействию магнитного поля (частота микроядер была больше значения показателя в контроле на 60%). Однако это было значительно меньше эффекта  $\gamma$ -облучения в дозе 15 сГр, когда частота микроядер превышала значение показателя в контрольной группе более чем в 2 раза.

Таким образом, однократное воздействие на мышей СВА в течение 600 с ЭМИ РЧ с правой ППС, ЭМИ РЧ с линейной ППС, электрического поля, магнитного поля, а также  $\gamma$ -облучение в дозе 15 сГр вызывает достоверное увеличение частоты микроядер в эритроцитах костного мозга, а при воздействии ЭМИ РЧ с левой ППС не выявлено достоверных отличий показателя от контроля.

Влияние факторов электромагнитной природы на эффективность репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК проводили с использованием внешнего острого  $\gamma$ -облучения. Для этого животных через 5 ч после однократного воздействия исследуемых факторов подвергали острому внешнему  $\gamma$ -облучению в дозе 2 Гр. Такая схема эксперимента соответствовала схеме адаптивного ответа, описанного для ионизирующих излучений [ ].

Было выявлено, что  $\gamma$ -облучение в дозе 2 Гр приводило к достоверному почти девятикратному повышению частоты микроядер в ПХЭ относительно группы контроля и составило  $57,8 \pm 1,2 \%$  (табл. 3). Воздействие всех исследуемых факторов за 5 часов до острого  $\gamma$ -облучения в дозе 2 Гр привело приблизительно к одинаковому достоверному снижению частоты микроядер по сравнению с эффектом одного  $\gamma$ -облучения (табл. 3).

При анализе частоты микроядер в НХЭ не было выявлено принципиальных отличий в различных экспериментальных группах. За счет снижения частоты микроядер в ПХЭ частота микроядер во всех эритроцитах была снижена почти во всех экспериментальных группах, за исключением группы ЭМИ РЧ с левой ППС, где значение показателя было практически равно контрольному и группы ЭМИ РЧ с правой ППС, где вероятность 0-гипотезы (p) была равна 0,07.

Таблица 3. Частота микроядер в эритроцитах костного мозга у мышей СВА при комбинированном воздействии электромагнитных факторов и острого  $\gamma$ -облучения

Экспериментальные группы	Частота микроядер, %		
	в ПХЭ	в НХЭ	во всех эритроцитах
Контроль (ложное облучение)	6,60 ± 0,27	2,40 ± 0,30	4,37 ± 0,12
Контроль (ложное облучение) + 2 Гр	*57,8 ± 1,2	2,28 ± 0,15	*12,28 ± 0,
ЭМИ РЧ с левой ППС + 2 Гр	*#46,7 ± 1,9	†2,53 ± 0,11	*12,15 ± 0,67
ЭМИ РЧ с правой ППС + 2 Гр	*#45,7 ± 1,9	#†2,71 ± 0,14	*10,69 ± 0,63
ЭМИ РЧ с линейной ППС + 2 Гр	*#45,4 ± 2,4	#1,56 ± 0,09	*#9,33 ± 0,33
Электрическое поле + 2 Гр	*#46,1 ± 1,9	1,92 ± 0,21	*#9,54 ± 0,36
Магнитное поле + 2 Гр	*#46,0 ± 2,0	2,54 ± 0,11	*#10,23 ± 0,61
γ-облучение, 15 сГр + 2 Гр	*#49,0 ± 1,1	2,50 ± 0,12	*#9,17 ± 0,26

Примечание: \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля (ложное облучение), † - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с линейной ППС, ‡ - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с правой ППС, # - достоверные отличия от группы контроль + γ -облучение (2 Гр),  $p \leq 0,05$ .

Таким образом, выявленные изменения реакции на внешнее γ-облучение в дозе 2 Гр говорят о том, что исследуемые электромагнитные воздействия приводят к индукции адаптивных реакций, направленных на повышение эффективности репарации ДНК.

### Выводы

1. Электромагнитные факторы – ЭМИ РЧ (несущая частота 925 МГц, частотная модуляция 217 Гц, ППМ 1,2 мВт/см<sup>2</sup>), магнитное поле (частота 217 Гц, напряженность 0,7 А/м), электрическое поле (частота 217 Гц, напряженность 300 В/м) – обладают слабым генотоксическим действием.
2. Генотоксические эффекты ЭМИ РЧ с ППМ 1,2 мВт/см<sup>2</sup> соответствуют генотоксическим эффектам электрического поля с аналогичным спектром и энергетическим уровнем воздействия.
3. Магнитное поле со спектром воздействия и энергетическим уровнем, соответствующее воздействию ЭМИ РЧ с ППМ 1,2 мВт/см<sup>2</sup>, приводит к более выраженным генотоксическим эффектам по сравнению с действием ЭМИ РЧ и электрического поля.
4. Исследуемые факторы (ЭМИ РЧ, магнитное поле, электрическое

поле) индуцируют в клетках адаптивные реакции, направленные на повышение эффективности репарации ДНК.

5. Пространственная поляризация электромагнитного излучения дециметрового диапазона модифицирует биологические эффекты ЭМИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Ю.Г. Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах (по итогам отечественных исследований). // Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений 2003. Сборник трудов. М.: изд-во АЛЛАНА, 2004. 16-73.
2. Кацеленбаум Б.З., Коршунова Е.Н, Сивов А.Н., Шатров А.Д, Киральные электродинамические объекты.// Успехи физических наук. 1997. Т.167. №11, С.1201-1212
3. Advances in Complex Electromagnetic Materials.// (Eds A Priou, S Tretyakov, A Vinogradov) (Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publ., 1997. 206 p.
4. Дмитриевский И.М. Воздействие поляризованного света на глаз человека (новое объяснение зрительного феномена, обнаруженного И.М. Фейгенбергом).// Препринт. МИФИ, 014-85 М., 1985.
5. Разработка теоретических основ воздействия амплитудно-манипулированных полей сверхвысокой частоты на семена: Отчет по НИР (закл.) № ГР 01860022329. Челябинск, 1990. 156с.
6. Изаков Ф.Я., Полевик Н.Д., Жданов Б.В. Влияние поляризационной пространственно-временной структуры ЭМП СВЧ на всхожесть семян растений. // III Всесоюзная конференция по сельскохозяйственной радиологии: Тезисы докладов. Обнинск, 1990. Т. IV. С. 33.
7. Дмитриевский И.М. Возможное объяснение феномена космофизических макрофлуктуаций.// Биофизика. 2001. Т. 46, В. 5. С. 852-855.
8. Архипов М.Е., Субботина Т.И., Яшин А.А. Киральная асимметрия биоорганического мира: Теория, эксперимент. // Тула.: Тульский полиграфист. 2002. 243с.
9. Blackman, C.F., S.G. Benane, W.T. Joines, M.A. Hollis, and House D.E. Calcium-ion efflux from brain tissue: power density versus internal field-intensity dependencies at 50-MHZ RF radiation.// Bioelectromagnetics. 1980. Vol. 1, No. 3, pp. 277-283.
10. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ [Текст] // ВОЗ. Женева. -1989. -212 с.
11. Olivieri, G., A. Bosi, R. Grillo et al. Interaction of low dose irradiation with subsequent mutagenic treatment. Studies with human lymphocytes //Low Dose Irradiation and Biological Defense Mechanisms /T. Sugahara, L.A.

Sagan and T. Aoyama, eds., -The Netherlands, Elsevier Science Publishers, 1992. -P. 279-282.

## ASSESSMENT OF GENOTOXIC EFFECTS AND DNA REPAIR EFFECTIVENESS UNDER CONDITIONS OF ELECTROMAGNETIC FACTORS EXPOSURE

*Pryakhin E.A.<sup>1</sup>, Ttryapitsina G.A.<sup>2</sup>, Kolomiets I.A.<sup>1</sup>, Andreev S.S.<sup>1</sup>, Safonova E.V.<sup>1</sup>, Deryabina L.V.\*<sup>2</sup>, Polevik N.D.<sup>3</sup>, Akleev A.V.<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> *Ural Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk;*

<sup>2</sup> *Chelyabinsk State University, Chelyabinsk;*

<sup>3</sup> *Chelyabinsk Agroengineer University, Chelyabinsk.*

Male mice CBA were subjected to EMF RF exposure (carrier frequency 925 MHz, frequency modulation 217 Hz, 1,2 mW/cm<sup>2</sup>) with the left, write and linear polarization; electric field (frequency 217 Hz, energy level of exposure was corresponded to 1,2 mW/cm<sup>2</sup>, - 300 V/m); magnetic field (frequency 217 Hz; energy level of exposure was corresponded to 1,2 mW/cm<sup>2</sup>, - 0,7 A/m);  $\gamma$ -irradiation 0,15 Gy. The duration of unionizing electromagnetic factors exposure was 600 s. Micronuclei frequency in the bone marrow erythrocytes was analyzes in a day after exposure. The effectiveness of DNA repair was analyzed by measuring the micronuclei frequency in bone marrow erythrocytes after additional gamma-irradiation of animals at a dose 2 Gy in 5 hours after electromagnetic factors exposure.

The exposure of investigated factors increases the micronuclei frequency in the mouse bone marrow erythrocytes. Investigated electromagnetic factors induce the adaptive response in cells, connected with the DNA effectiveness improvement. EMF with different polarization modified the biology effects of exposure.

# СОСТОЯНИЕ ПУЛА КРОВЕТВОРНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК У МЫШЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА С РАЗЛИЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРОЙ

*Пряхин Е.А.<sup>1</sup>, Полевик Н.Д.<sup>3</sup>, Тряпцына Г.А.<sup>2</sup>, Коломиец И.А.<sup>1</sup>, Андреев С.С.<sup>1</sup>, Сафонова Е.В.<sup>1</sup>, Белоногова С.П.<sup>1</sup>, Аклеев А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины, г. Челябинск

<sup>2</sup> ГОУ ВПО «Челябинский государственный университет», г. Челябинск

<sup>3</sup> ГОУ ВПО «Челябинский агроинженерный университет», г. Челябинск

## АННОТАЦИЯ

Исследовали влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона с несущей частотой 925 МГц, плотностью потока мощности 1,2 мВт/см<sup>2</sup> и с различной пространственной поляризационной структурой (линейной, правой и левой) на состояние популяции КОЕс у мышей СВА и белых беспородных мышей с использованием методов экзо- и эндотеста. Воздействие ЭМИ РЧ проводили в течение 600 с однократно или по 600 с в течение 3-х сут. Оценивали комбинированное действие ЭМИ РЧ и общего внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 2 Гр. Воздействие ЭМИ РЧ приводит к изменению состояния популяции стволовых клеток костного мозга у мышей, которое проявляется в снижении количества КОЕс, регистрируемых методом эндотеста; в повышении чувствительности стволовых клеток (экзоколонии) к воздействию ионизирующего излучения в дозе 2 Гр при предварительном однократном воздействии ЭМИ РЧ; в повышении резистентности к ионизирующему излучению в дозе 2 Гр при воздействии ЭМИ РЧ в течение 3-х сут. до радиационного воздействия. Пространственная поляризация электромагнитного излучения радиочастотного диапазона приводит к модификации биологических эффектов ЭМИ в популяции стволовых клеток.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Определение состояния стволовых кроветворных клеток при воздействии стресс-факторов *in vivo* является одним из самых эффективных подходов к оценке адаптивных реакций на клеточном уровне. Стволовые кроветворные клетки являются одними из самых чувствительных в организме при действии целого ряда веществ и воздействий [], кроме того, они обладают высокой радиочувствительностью []. Вместе с тем, имеется крайне ограниченное количество работ, касающихся изучения реакции стволовых кроветворных клеток на неионизирующие электромагнитные воздействия []. Данных о влиянии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) с различной пространственной поляризационной струк-

турой (ППС) как отдельно, так и в комбинации с ионизирующим излучением в доступной литературе не обнаружено.

В связи с этим целью работы было оценить влияние ЭМИ РЧ с различной пространственной поляризационной структурой на состояние стволовых кроветворных клеток у мышей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили на базе экспериментального отдела ФГУН УНПЦРМ.

В экспериментах использовали мышей линии СВА и белых беспородных мышей.

Животных облучали импульсным потоком электромагнитной энергии, имитирующим сигнал мобильной связи стандарта GSM без речевой модуляции и скачков по частоте. Сигнал представлял собой непрерывную последовательность радиоимпульсов трапециевидной формы с частотой повторения импульсов 217 Гц и несущей частотой электромагнитного излучения (ЭМИ) – 925 МГц. Сквозность огибающей высокочастотного сигнала (Q) была равна 8. Плотность потока мощности эквивалентной плоской волны (S) равна 1,2 мВт/см<sup>2</sup> (12 Вт / м<sup>2</sup>).

В качестве излучателя СВЧ энергии использовали антенну турникетного типа, позволяющую легко менять направление вращения поляризации.

Турникетная антенна эллиптической поляризации состояла из двух ортогональных полуволновых вибраторов, запитанных со сдвигом фаз  $\pm \pi/2$ . В качестве фазосдвигающего устройства использовали 3 дБ-ный направленный ответвитель, обеспечивающий фазовый сдвиг между двумя выходами  $\pi/2$  в широком диапазоне частот. Сдвиг фазы в длинном плече направленного ответвителя относительно короткого составляет  $\pi/2$ .

Смена направления вращения поляризации осуществлялась переключением полуволновых вибраторов с одного выхода направленного ответвителя на другой.

В режиме линейной поляризации вся мощность подается непосредственно на один из излучателей.

Коэффициент эллиптичности поляризационной характеристики излучателя составлял 0,89.

При облучении животных располагали в диэлектрическом контейнере цилиндрической формы, в верхней части которого располагался излучатель электромагнитной энергии. Расстояние от излучателя до животных соответствовало дальней зоне работы излучателя и составляло 0,3 м. С целью исключения влияния отраженной электромагнитной волны на амплитуду воздействующего ЭМИ, контейнер располагали в специальной

камере, поверхность которой была покрыта радиопоглощающим материалом.

Измерения плотности потока мощности (ППМ, S) проводили в дальней зоне работы излучателя в безэховой камере на расстоянии 1 м ( $3\lambda$ ) с помощью измерительной антенны Пб-23А, измерителя мощности МЗ-56 с погрешностью измерения  $\pm 7\%$ . При измерении использовали частотные калибровочные таблицы из паспорта на антенну Пб-23А.

$\gamma$ -облучение животных проводили на установке ИГУР-1 с мощностью дозы 0,7 Гр/мин., неравномерностью  $\gamma$ -поля в рабочем пространстве не более 5%.

Исследования с использованием метода эндотеста были выполнены на белых беспородных мышах, которых в первой серии экспериментов однократно подвергали воздействию ЭМИ РЧ с линейной, правой и левой ППС в течение 600 с, а затем через сутки облучали в дозе 6 Гр. Во второй серии экспериментов животных подвергали воздействию ЭМИ РЧ однократно длительностью 600 с в течение 3-х сут, а через 5 ч после прекращения экспозиции облучали в дозе 6 Гр. Количество эндоколоний учитывали на 9-е сутки после  $\gamma$ -облучения [2].

При оценке состояния КОЕс методом экзотеста доноров-мышей СВА однократно подвергали воздействию ЭМИ РЧ с различной ППС в течение 600 с, затем через сутки у животных определяли количество ядерных клеток в костном мозге и взвесь клеток костного мозга в количестве  $10^5$  клеток внутривенно вводили облученным в дозе 6 Гр реципиентам. Во второй серии экспериментов животных подвергали воздействию ЭМИ РЧ с различной ППС однократно длительностью 600 с в течение 3-х сут., а через 5 ч после прекращения экспозиции производили трансплантацию клеток костного мозга реципиентам. Учет экзоколоний в селезенке проводил на 9-е сут. после трансплантации.

В отдельной серии экспериментов методом экзотеста оценивали комбинированное действие ЭМИ РЧ с различной ППС и внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 2Гр на выживаемость КОЕс по схеме адаптивного ответа, описанного для ионизирующих излучений [1]. Доноров 3-х экспериментальных групп подвергали воздействию ЭМИ РЧ с левой, правой и линейной ППС соответственно однократно длительностью 600 с в течение 3-х сут. Через 5 ч после экспозиции доноров облучали в дозе 2 Гр. Через 1 сут. после  $\gamma$ -облучения производили трансплантацию клеток костного мозга облученным в дозе 6 Гр реципиентам, у которых на 9-е сутки после трансплантации определяли количество колоний в селезенке [1].

Для выявления отличий использовали t-критерий Стьюдента.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**



В экспериментах, где оценивали эффекты однократного воздействия ЭМИ РЧ методом экзотеста, было выявлено, что у мышей СВА в контрольной группе концентрация КОЕс в костном мозге составила  $10,9 \pm 0,5$  на  $10^5$  ядерных клеток, что соответствовало  $1821 \pm 133$  КОЕс на бедро (табл. 1).

Таблица 1. Количество КОЕс (экзотест) в костном мозге у мышей СВА при однократном воздействии ЭМИ РЧ с различной ППС

Экспериментальные группы (доноры)	Реципиенты		
	масса селезенки, мг	кол-во КОЕс на $10^5$ ЯСК км	абсолютное кол-во КОЕс/бедро
Контроль	$42,5 \pm 2,5$	$10,9 \pm 0,5$	$1821 \pm 133$
ЭМИ с левой ППС	$39,5 \pm 2,1$	$10,5 \pm 0,6$	$1591 \pm 108$
ЭМИ с правой ППС	$45,7 \pm 2,6$	$10,7 \pm 0,7$	$1664 \pm 132$
ЭМИ с линейной ППС	$41,7 \pm 2,5$	$11,5 \pm 0,5$	$1780 \pm 101$

Однократное облучение животных ЭМИ РЧ с правой, левой и линейной пространственной поляризационной структурой не приводило к достоверному изменению анализируемых показателей.

Десятиминутное воздействие ЭМИ РЧ с различной ППС в течение 3-х сут. также не приводило к достоверному изменению концентрации КОЕс в костном мозге у мышей СВА. Если в контрольной группе количество КОЕс составляло  $5,5 \pm 0,6$  на  $10^5$  кариоцитов костного мозга, то концентрация КОЕс в группах ЭМИ РЧ с левой, правой и линейной ППС была равна соответственно  $4,6 \pm 0,3$ ;  $4,7 \pm 0,5$  и  $5,1 \pm 0,5$  на  $10^5$  ядерных клеток в костном мозге (табл. 2).

Масса селезенки у животных в группе ЭМИ РЧ с левой и с правой ППС была меньше, чем в группе сравнения, а при воздействии ЭМИ РЧ с линейной ППС практически не отличалась от значения показателя в контроле. Абсолютное количество КОЕс в костном мозге (на бедренную кость) достоверно не отличалось в экспериментальных группах, хотя при сравнении эффектов ЭМИ с левой и линейной ППС регистрировались достоверные отличия по данному показателю.

При определении количества КОЕс методом эндотеста, когда белые беспородные мыши через 5 ч после однократного воздействия ЭМИ РЧ с

различной ППС подвергались внешнему общему  $\gamma$ -облучению в дозе 6 Гр, получены следующие результаты.

Таблица 2. Количество КОЕс (экзотест) в костном мозге у мышей СВА при воздействии ЭМИ РЧ с различной ППС в течение 3-х сут.

Экспериментальные группы (доноры)	Реципиенты		
	масса селезенки, мг	кол-во КОЕс на $10^5$ ЯСК км	абсолютное кол-во КОЕс/бедро
Контроль	$30,5 \pm 1,3$	$5,5 \pm 0,6$	$1148 \pm 161$
ЭМИ с левой ППС	*† $26,2 \pm 1,1$	$4,6 \pm 0,3$	† $998 \pm 111$
ЭМИ с правой ППС	*† $25,5 \pm 1,2$	$4,7 \pm 0,5$	$1396 \pm 171$
ЭМИ с линейной ППС	$32,6 \pm 0,9$	$5,1 \pm 0,5$	$1678 \pm 217$

Примечание: \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля,  $p \leq 0,05$

Количество КОЕс в селезенке у животных в контрольной группе составило  $17,0 \pm 3,9$  (табл. 3). У этих животных средняя масса селезенки составляла  $59,4 \pm 8,7$  мг, а количество ядерных клеток в костном мозге через 9 сут. после  $\gamma$ -облучения, характеризующее процессы репопуляции, составило  $7,7 \pm 0,5$  млн./бедро.

Таблица 3. Количество ядросодержащих клеток и КОЕс (эндотест) в костном мозге у белых беспородных мышей при однократном ЭМИ РЧ с различной ППС

Экспериментальные группы	Масса селезенки, мг	Кол-во колоний	ЯСК км, млн./бедро
Контроль	$59,4 \pm 8,7$	$17,0 \pm 3,9$	$7,7 \pm 0,5$
ЭМИ с левой ППС	‡ $60,9 \pm 11,5$	‡ $11,9 \pm 3,8$	$9,2 \pm 1,6$
ЭМИ с правой ППС	*† $31,4 \pm 3,5$	*† $3,7 \pm 0,9$	† $6,4 \pm 0,7$
ЭМИ с линейной ППС	$45,8 \pm 3,5$	$9,5 \pm 2,5$	$8,7 \pm 0,9$

Примечание: ЯСК км - количество ядросодержащих клеток в костном

мозге. \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля, † - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с линейной ППС, ‡ - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с правой ППС,  $p \leq 0,05$ . Количество животных в экспериментальных группах - 15 мышей

Во всех экспериментальных группах, где животные подвергались облучению ЭМИ РЧ в указанном режиме, среднее количество КОЕс в селезенке было меньше, чем в контрольной группе. При этом статистической значимости такие изменения достигали в группе, где животные подвергались воздействию ЭМИ РЧ с правой ППС (табл. 3). В этой группе количество эндоколоний было более чем в 4,5 раза меньше, чем в группе сравнения. Наоборот, минимально выраженными были изменения показателя в группе, где животных подвергали воздействию ЭМИ с левой ППС, а ЭМИ с линейной ППС по эффективности занимало промежуточное положение.

Снижение количества КОЕс сопровождалось снижением массы селезенки. В группе, где животные подвергались воздействию ЭМИ РЧ с правой ППС масса селезенки была почти в 2 раза меньше, чем в контроле. Существенно, что ЭМИ РЧ с левой ППС не вызывало изменения анализируемого показателя, а масса селезенки при воздействии ЭМИ РЧ с линейной ППС находилась буквально посередине между эффектами ЭМИ с левой и правой ППС. Репопуляция костного мозга на 9-е сутки после острого  $\gamma$ -облучения в дозе 6 Гр в экспериментальных группах существенно не менялась по сравнению с контрольной группой.

Очень похожие изменения регистрировались и при увеличении длительности экспозиции до 3-х сут. В этом случае определение количества КОЕс с помощью эндотеста позволило выявить значимое снижение количества эндоколоний в селезенке при воздействии на животных ЭМИ РЧ с правой и линейной ППС. В этих группах среднее значение показателя составило  $3,0 \pm 0,6$  и  $2,8 \pm 0,6$  соответственно, по сравнению с  $6,9 \pm 1,7$  в группе контроля (табл. 4).

К возможным адаптивным реакциям биологических систем клеточного уровня организации можно отнести изменение выживаемости клеток при дополнительном воздействии стресс-фактора. В наших исследованиях мы оценивали выживаемость стволовых кроветворных клеток методом экзотеста у мышей после воздействия на них ЭМИ РЧ и последующего  $\gamma$ -облучения в дозе 2 Гр.

Таблица 4. Количество ядродержащих клеток и КОЕс (эндотест) в костном мозге у белых беспородных мышей при воздействии ЭМИ РЧ с различной ППС в течение 3-х сут

Экспериментальные группы	Масса селезенки, мг	Кол-во КОЕс	ЯСК км, млн./бедро
Контроль	45,0 ± 4,7	6,9 ± 1,7	4,9 ± 0,7
ЭМИ с левой ППС	45,8 ± 6,1	†‡ 7,7 ± 1,9	5,4 ± 0,4
ЭМИ с правой ППС	41,3 ± 3,4	* 3,0 ± 0,6	4,7 ± 0,5
ЭМИ с линейной ППС	43,6 ± 5,7	* 2,8 ± 0,6	4,9 ± 0,3

Примечание: ЯСК км - количество ядросодержащих клеток в костном мозге. \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля, † - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с линейной ППС, ‡ - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с правой ППС,  $p \leq 0,05$ . Количество животных в экспериментальных группах - 15 мышей

Условия комбинированного воздействия соответствовали схеме адаптивного ответа, описанного для ионизирующих излучений, в которой небольшая (адаптирующая) доза ионизирующего излучения приводит к снижению эффективности повторного (разрешающего) облучения в большой дозе по цитогенетическим критериям [1].

Однократное воздействие ЭМИ РЧ с левой и правой ППС приводило к некоторому повышению выживаемости КОЕс, однако, такие изменения не достигали статистической значимости (табл. 5). Воздействие же ЭМИ с линейной ППС не вызывало заметных изменений. В этой группе при отсутствии существенных изменений относительного и абсолютного количества КОЕс в костном мозге, хотя регистрировалось достоверное увеличение массы селезенки у реципиентов на 15% по сравнению со значением показателя в группе сравнения.

При увеличении длительности воздействия ЭМИ РЧ с различной ППС до 3-х сут. было выявлено достоверное повышение резистентности стволовых кроветворных клеток к воздействию  $\gamma$ -облучения (табл. 6).

Таблица 5. Количество КОЕс (экзотест) в костном мозге у мышей СВА при комбинировании однократного воздействия ЭМИ РЧ с острым внешним общим  $\gamma$ -облучением в дозе 2 Гр

Экспериментальные группы (доноры)	Реципиенты		
	Масса селезенки, мг	Кол-во КОЕс на $10^5$ ЯСК км	Абсолютное кол-во КОЕс/бедро

Контроль	24,2 ± 1,2	2,5 ± 0,3	201 ± 24
ЭМИ с левой ППС	25,4 ± 1,2	2,9 ± 0,2	227 ± 19
ЭМИ с правой ППС	27,8 ± 1,8	3,2 ± 0,3	241 ± 23
ЭМИ с линейной ППС	* 27,9 ± 1,1	2,5 ± 0,2	180 ± 20

Примечание: \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля,  $p \leq 0,05$ .

В этом эксперименте выживаемость стволовых клеток, определяемых методом экзотеста, в группах ЭМИ РЧ с правой и с линейной ППС была в 2 раза больше, чем в контрольной группе. Таким образом, воздействие на животных ЭМИ РЧ в течение 3-х сут. приводит к развитию адаптивных реакций в популяции стволовых кроветворных клеток, направленных на повышение резистентности к ионизирующему излучению.

КОЕс, выявляемые с помощью экзотеста и эндотеста, представляют собой различные функциональные группы стволовых кроветворных клеток []. Принято считать, что КОЕс, выявляемые с помощью экзотеста относятся к покоящимся стволовым кроветворным клеткам (на стадии  $G_0$ ), тогда как КОЕс, выявляемые с помощью эндотеста, являются активными плюрипотентными предшественниками [], находящимися на других стадиях клеточного цикла.

Таблица 6. Количество КОЕс (экзотест) в костном мозге у мышей СВА при комбинированном воздействии ЭМИ РЧ с различной ППС в течение 3-х сут. и последующего острого  $\gamma$ -облучения в дозе 2 Гр

Экспериментальные группы (доноры)	Реципиенты		
	Масса селезенки, мг	Кол-во КОЕс на $10^5$ ЯСК км	Абсолютное кол-во КОЕс/бедро
Контроль	17,5 ± 0,6	0,72 ± 0,10	116 ± 26
ЭМИ с левой ППС	†‡ 18,1 ± 0,5	†‡ 0,96 ± 0,16	†‡ 139 ± 30
ЭМИ с правой ППС	*† 25,5 ± 1,2	* 1,87 ± 0,19	* 218 ± 23
ЭМИ с линейной ППС	* 20,9 ± 1,0	* 1,66 ± 0,25	* 304 ± 65

Примечание: \* - достоверные отличия по сравнению с группой контроля, †

- достоверные отличия от ЭМИ РЧ с линейной ППС, † - достоверные отличия от ЭМИ РЧ с правой ППС,  $p \leq 0,05$ .

Таким образом, отличия в реакции стволовых кроветворных клеток, выявляемые методом экзотеста и эндотеста, могут объясняться или отличиями в чувствительности к исследуемым электромагнитным воздействиям различных функциональных групп стволовых клеток, или функциональными изменениями в группе стволовых кроветворных клеток, выявляемых методом эндотеста (например ускорение клеточного цикла или повышение доли этих клеток, вовлеченных в дифференцировку). При этом в случае повышения радиочувствительности стволовых кроветворных клеток (эндотест) в результате воздействия ЭМИ РЧ, следует ожидать снижения количества клеток в костном мозге. И наоборот, изменения состояния стволовых клеток, связанные с более быстрым переходом плюрипотентных клеток в пул комитированных предшественников, должны проявляться в увеличении количества ядерных клеток в костном мозге.

#### **Выводы**

1. Воздействие ЭМИ РЧ (несущая частота 925 МГц, частотная модуляция 217 Гц, ППМ 1,2 мВт/см<sup>2</sup>) на мышей однократно в течение 600 с и в течение 3-х суток ежедневно длительностью 600с не приводит к достоверному изменению количества КОЕс в костном мозге, выявляемых методом экзотеста.
2. Однократное воздействие в течение 600 с ЭМИ РЧ с правой ППС и воздействие ЭМИ РЧ с правой и линейной ППС в течение 3-х сут. длительностью 600 с приводит к достоверному снижению количества КОЕс, регистрируемых методом эндотеста.
3. Предварительное воздействие на мышей ЭМИ РЧ с правой и линейной ППС в течение 3-х сут. приводит к повышению выживаемости КОЕс костного мозга, выявляемых методом экзотеста, при остром  $\gamma$ -облучении в дозе 2 Гр.
4. Пространственная поляризация электромагнитного излучения радиочастотного диапазона приводит к модификации биологических эффектов, вызванных воздействием ЭМИ: ЭМИ с правой и линейной ППС приводят к более выраженным биологическим эффектам; ЭМИ с левой ППС приводит к наименьшим эффектам, по сравнению с правой и линейной ППС.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Переверзев А.К. Кроветворные колониеобразующие клетки и физические стресс-факторы. // Л.: Наука, 1986. 172с.
2. Bond V.P., Flidner T.M., Archambeau J.O. Mammalian radiation lethality. A disturbance in cellular kinetic. Academic, New York, 1965. 246p.

3. Rotkowska D, Vacek A. Effect of high-frequency electromagnetic field upon haemopoietic stem cells in mice. // *Folia Biol (Praha)*. – 1972. –V. 18(4). P. 292 -297.
4. Van Den Heuvel R, Leppens H, Nemethova G, Verschaeve L. Haemopoietic cell proliferation in murine bone marrow cells exposed to extreme low frequency (ELF) electromagnetic fields.// *Toxicol In Vitro*. - 2001. - V. 15 (4-5). - P. 351-355.
5. Reipert BM, Allan D, Reipert S, Dexter TM. Apoptosis in haemopoietic progenitor cells exposed to extremely low-frequency magnetic fields. // *Life Sci*. - 1997. –V. 61(16). – P. 1571-1582.
6. Peterson HP, von Wangenheim KH, Feinendegen LE. Magnetic field exposure of marrow donor mice can increase the number of spleen colonies (CFU-S 7d) in marrow recipient mice. // *Radiat Environ Biophys*. – 1992. –V. 31(1). – P. 31-38.
7. Olivieri, G., J. Bodycote and S. Wolff. Adaptive response of human lymphocytes to low concentrations of radioactive thymidine / *Science*. -1984. - V.223. -P. 594-597.

**Список публикаций членов РНКЗНИ  
за 2004-2007 гг.**

1. Binhi V.N. An overview of postulated mechanisms of action for biological effects from electromagnetic fields. International conference 'Childhood Leukaemia. Incidence, causal mechanisms and prevention', 6-10 September 2004, London, UK. Abstract Book, Section 3-9.
2. Binhi V.N. and Blackman C.F. Analysis of the structure of magnetic fields that induced inhibition of stimulated neurite outgrowth. *Bioelectromagnetics*, 26(8)684-689, 2005.
3. Binhi V.N. and D.S. Chernavskii. Stochastic dynamics of magnetosomes in cytoskeleton. *Europhys. Lett.*, 70(6):850-856, 2005.
4. Binhi V.N. and M. Fillion-Robin. Theoretical and experimental evidence where present safety standards conflict with reality. In D. Clements-Croome, editor, *Electromagnetic Environments and Health in Buildings*, pages 391–403. Spon Press, London and New York, 2004.
5. Binhi V.N. Molecular mechanism for the biological significance of the geomagnetic field. 26th Annual BEMS Meeting, Washington, USA, June 20–24, 2004. Abstract Book, p.318–319.
6. Binhi V.N. Stochastic dynamics of magnetosomes and a mechanism of biological orientation in the geomagnetic field. *Bioelectromagnetics*, 27(1)58-63, 2006.
7. Binhi V.N. Theoretical Researches into Magnetobiology. Oral report at the 3rd Alexander Gurwitsch Conference on Biophotons and Coherent Systems in Biology, Biophysics and Biotechnology. Partenit, Crimea, Ukraine, 27 September - 2 October 2004. Abstracts.
8. Binhi V.N., D.S. Chernavskii. Stochastic dynamics of magnetic nanoparticles in biological cells. Abstract of the Frohlich Centenary International Symposium "Coherence and Electromagnetic Fields in Biological Systems." July 1-4, 2005. Pp.32-34.
9. Binhi V.N., Kapranov S.V. , Milyaev V.A. , Sarimov R.M. Psychophysiological reactions in human to ELF magnetic fields. 26th



Annual BEMS Meeting, Washington, USA, June 20–24, 2004. Abstract Book, p.185–186.

10. Binhi V.N., Sarimov R.M., Vartanov A.V., Milyaev V.A. Experimental determination of the physical nature of molecular processes, underlying biological effects of ELF magnetic fields. International conference 'Childhood Leukaemia. Incidence, causal mechanisms and prevention', 6-10 September 2004, London, UK.
11. Binhi, V.N., Rubin, A.B. Magnetobiology: The kT paradox and possible solutions. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 26(1)1-18, 2007
12. Grigoriev Y. G Development of electromagnetic field somatic effects: Role of modulation. *Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B*, Vol.60 (2006), №1 (642), 11-15.
13. Grigoriev Y. G Electromagnetic fields of mobile radio communication and danger estimation for the population. Olten. Switzerland. November 19, 2005
14. Grigoriev Y. G Mobile telecommunication: radiobiological issues and risk assessment. *Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B*, Vol.60 (2006), №1 (642),6-10.
15. Grigoriev Y. G The role of the Russian National Committee on Non-Ionizing radiation (RNCNIRP) and the radiation guidelines. Доклад 12 мая, 2005 г. Стокгольм.
16. Grigoriev Y. G. YES-to Mobile Communication, however all population groups should have guarantees for electromagnetic safety. // В кн.: "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты". Материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 сентября 2004 г., М, 101.
17. Grigoriev Y. G., Grigoriev O.A., Merkulov A.V. Mobile radio communication on base stations and safety of the population: general situation in Russia. WHO workshop on base stations and wireless networks. Geneva, June 15-17, 2005, 9-11.
18. Grigoriev Y. Mobile phones and children: is precaution warranted? // *Bioelectromagnetics*, 2004, 25(5), 322-323.
19. Kuznetsov P. E., Malinina U. A., Popyhova E. B., Rogacheva S. M., Somov A. U. Metronidazole as a protector of cells from electromagnetic radiation of extremely high frequencies // *Proc. SPIE.-2006.-V.6163 61631 P.1-7.*

20. Batanov G.V., Stepanov V., Konturov M., Grigorev O. Medical Biological Evolution of Electroshock Stun Guns Efficiency // Proceedings of 3rd European Symposium on Non-Lethal Weapons. Ettlingen, Germany. May 10-12, 2005. – P.45-1 – 45-4.
21. Grigoriev O., Stepanov V., Prokofiev V. Principles of Medical-biologic Criteria of Safety for NLW Devices of Electromagnetic Technology // Proceedings of 4th European Symposium on Non-Lethal Weapons, Ettlingen, Germany. May 21-23, 2007. – P.25-1 – 25-8.
22. Grigoriev O., Stepanov V., Prokofiev V. Principles of Medical-biologic Criteria of Safety for NLW Devices of Electromagnetic Technology // Proceedings of 4th European Symposium on Non-Lethal Weapons, Ettlingen, Germany. May 21-23, 2007. – P.25-1 – 25-8.
23. Grigoriev Yu., Grigoriev O., Merkulov A. Mobile radio communication base stations and safety of the population: general situation in Russia // Proceedings of WHO Workshop BASE STATIONS AND WIRELESS NETWORKS. GENEVA. June 15–17, 2005
24. Sarimov, R.M., Binhi, V.N. Effect of electrostatic and zero magnetic fields on psychophysiological state of humans. 4-th International Workshop on Space Radiation Research and 17-th Annual NASA Space Radiation Health Investigators' Workshop, 2006, Moscow-St.Petersburg, p 117-118.
25. Yury Grigoriev; Oleg Grigoriev; Anton Merkulov. Mobile radio communication base stations and safety of the population: general situation in Russia // Proceedings of WHO Workshop BASE STATIONS AND WIRELESS NETWORKS. GENEVA. June 15–17, 2005
26. Байдин Ф.Н., Никитина В.Н., Софронов Н.Б. Электрофизические характеристики и радиозранирующие свойства магнетитно-шунгитовых композиционных строительных материалов. Сб. докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2006. - СПб, 2006. С. 292-294
27. Бинги В.Н. Анализ ошибок определения магнитных полей в системе экспозиции К. Блэкмана. В кн.: Ежегодник Российского

- национального комитета по защите от неионизирующих излучений, стр. 188–195. Изд-во «АЛЛАНА», М., 2004.
28. Бинги В.Н. Биологические эффекты электромагнитных полей нетеплового уровня. Проблема понимания и социальные последствия. В кн.: Бинги В.Н., ред., Физика взаимодействия живых объектов с окружающей средой, стр. 43–69. «МИЛТА», М., 2004.
  29. Бинги В.Н. Как и за что критикуют магнитобиологию. В кн.: Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, с. 195–209. Изд-во «АЛЛАНА», М., 2004.
  30. Бинги В.Н. Параметрический резонанс в магнитобиологии: критический анализ идей Арбера, Киабрера, Леднева, Жадина, Блэкмана и Бинги. Ученые записки Таврического национального университета. Серия “Биология, химия”, 18(57-1):40–50, 2005.
  31. Бинги В.Н. Стохастическая динамика магнитных наночастиц и механизм биологической ориентации в геомагнитном поле. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, (6):23-27, 2005.
  32. Бинги В.Н. Теоретические исследования в магнитобиологии. Междисциплинарный семинар ‘Биологические эффекты солнечной активности’, Пущино, 2004, 6-9 апреля. Тезисы докладов, с. 11.
  33. Бинги В.Н., А. А. Заруцкий, С. В. Капранов, С. Н. Котельников, В. А. Миляев, Р. М. Саримов. Метод исследования влияния магнитного вакуума на цветовую память человека. Радиационная биология – Радиоэкология 45(4):451–456, 2005.
  34. Бинги В.Н., А. А. Заруцкий, С. В. Капранов, Ю. М. Ковалев, В. А. Миляев, Н. А. Терещенко. Компьютерный метод оценки параметров двигательной активности инфузорий с использованием видеозаписи их движения. Биофизика, 49(4):705–709, 2004.
  35. Бинги В.Н., Д. С. Чернавский. Стохастический резонанс магнитосом закрепленных в цитоскелете. Биофизика, 50(4):684-688, 2005.
  36. Бинги В.Н., Миляев В.А., Чернавский Д.С., Рубин, А.Б. Парадокс магнитобиологии: анализ и перспективы решения. Биофизика 51(3)553-559, 2006

37. Бинги В.Н., ред. Физика взаимодействия живых объектов с окружающей средой. «МИЛТА», М., 2004.
38. Бинги В.Н., Рубин А.Б. Фундаментальная проблема магнито-биологии. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. Юбилейный выпуск, посвященный памяти акад. Н.Д. Девяткова, 2007.
39. Бинги В.Н., Савин А.В. Ответ на письмо А.Ю. Гроссберга в редакцию УФН. УФН, 2005, Т.175, №5, 565-566.
40. Бинги В.Н., Степанов Е.В., Чучалин А.Г., Миляев В.А., Москаленко К.Л., Шулагин Ю.А., Янгуразова Л.Р. Высокочувствительный анализ NO, NH<sub>3</sub> и CH<sub>4</sub> в выдыхаемом воздухе с помощью перестраиваемых диодных лазеров. Труды ИОФРАН, т 61, с.189-210. М., Наука, 2005.
41. Бинги, В.Н., Миляев, В.А., Саримов, Р.М., Заруцкий, А.А. Влияние электростатического и "нулевого" магнитного полей на психофизиологическое состояние человека. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, (8-9)xx-xx, 2006.
42. Бинги, В.Н., Чернавский, Д.С., Рубин, А.Б. Фактор температуры и магнитный шум в условиях стохастического резонанса магнитосом. Биофизика 51(2)274-277, 2006
43. Бичелдей Е.П., Григорьев О.А. Программа информационного обеспечения населения по теме "Сотовая связь и здоровье", Там же, С 128-130
44. Булдаков Л.А., Бушманов А.Ю., Гуськова А.К., Ильин Л.А. и др. Здоровье населения, проживающего в ЗАТО. Материалы расширенного заседания научно-технического совета Федерального агентства по атомной энергии «Инновационное развитие атомно-энергетического комплекса в следующие 60 лет»\\ Москва, 2005, с. 31 – 32.
45. Бушманов А.Ю. «Радиационный мир, в котором мы живем». Журнал «Росэнергоатом», № 4,2004.- С.36-38.
46. Бушманов А.Ю. «Фармакотерапия радиационных поражений». Всероссийский конгресс «Человек и лекарство», 2004.
47. Бушманов А.Ю. Лучевая болезнь человека. Российская энциклопедия по медицине труда. Под ред. Н.Ф. Измерова.- М.: Медицина, 2005.- с. 230 – 235.

48. Бушманов А.Ю. Медицина труда и экология человека при уничтожении иприта, люизита и их смесей. В руководстве «Безопасность, медицина труда и экология человека при уничтожении люизита, иприта и их смесей» под ред. А.А. Каспаров, В.Д. Рева.- Москва, Фирма «Слово», 2006, с. 75-218.
49. Бушманов А.Ю. Побеждая острую лучевую болезнь. Журн. Росэнергоатом, 2006, №4, с. 32 – 35.
50. Бушманов А.Ю. Профессиональные заболевания у работников Росатома (современное состояние проблемы). Журн. Медицина экстремальных ситуаций, 2006, №1, с. 19 – 24.
51. Бушманов А.Ю. Система оказания медицинской помощи и опыт лечения пострадавших при радиационных авариях. 3-я Международная конференция «Медицинские и экологические эффекты ионизирующего излучения», Северск-Томск, 20-21 апреля, 2005, С. 52-53.
52. Бушманов А.Ю. Современное состояние оказания помощи пострадавшим при радиационных авариях в России. Вестник Российской военно-медицинской академии, 2005, приложение 1 (14), с. 8.
53. Бушманов А.Ю., Надежина Н.М. Опыт лечения пострадавших при радиационных авариях в России. Журн. альманах клинической медицины, 2006, том 10, с. 33-39.
54. Бушманов А.Ю., Тараканова М.П. Профессиональные онкологические заболевания работников предприятий, обслуживаемых ФМБА России.- В сб. материалов 2 научно-практической конференции «Актуальные вопросы онкологии и онкологической помощи в системе ФМБА России».- Москва, 19-20.10.2006.- Изд. ООО «РРК Полизет».- с. 24-26.
55. Бушманов А.Ю., Баранов А.Е., Надежина Н.М. и др. Три случая острого радиационного поражения человека от острого внешнего гамма-излучения. Журн. Бюллетень сибирской медицины, №2, 2005, с. 133 – 141.
56. Бушманов А.Ю., Булдаков Л.А., Гуськова А.К., Ильин Л.А. и др. Здоровье населения, проживающего в ЗАТО. Сборник докладов расширенного заседания научно-технического совета Федерального агентства по атомной энергии «Инновационное развитие атомно-энергетического комплекса в следующие 60 лет»\\ Москва, ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005, с. 138 – 148.

57. Бушманов А.Ю., Гуськова А.К., Надежина Н.М. и др. Энциклопедия «Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. Медико-биологические и метрологические аспекты: в 2-х томах. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.-Том 1, с.75-103.
58. Бушманов А.Ю., Иванов А.А., Кончаловский М.В. К вопросу об организации Центра тотального терапевтического облучения человека и компонентов крови в структуре ФМБА России.- В сб. материалов 2 научно-практической конференции «Актуальные вопросы онкологии и онкологической помощи в системе ФМБА России».- Москва, 19-20.10.2006.- Изд. ООО «РРК Полизет».- с. 140-141.
59. Бушманов А.Ю., Кузовлев О.П., Нянина С.А. «Профилактические медицинские осмотры для выявления и профилактики бактериального вагиноза у женщин, работающих в условиях профессиональных вредностей на фармацевтическом предприятии г. Москвы». Материалы У Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 30октября – 2 ноября 2006 г. Изд.: М.: «Дельта», 2006 г., с.100-102.
60. Бушманов А.Ю., Кузовлев О.П., Нянина С.А. Роль и место профилактических осмотров в выявлении и профилактике бактериального вагиноза у женщин, работающих в условиях профессиональных вредностей на фармацевтическом предприятии г. Москвы.- Журнал Акушерства и женских болезней, 2006, т. LV.- с.115-116.
61. Бушманов А.Ю., Мерзликин Л.А., Прищепенко И.С. «Некоторые аспекты экспертизы связи вибро-шумовой патологии с профессиональной деятельностью работников атомной отрасли». Материалы У Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 30октября – 2 ноября 2006 г. Изд.: М.: «Дельта», 2006 г., с345-347.
62. Бушманов А.Ю., Надежина Н.М. «Опыт лечения пострадавших при радиационных авариях в России». Труды IV научно-практической региональной конференции «20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. Медицинские последствия». Альманах клинической медицины, том X, 2006, С. 33-39.
63. Бушманов А.Ю., Надежина Н.М., Нугис В.Ю., Галстян И.А. Местные лучевые поражения кожи человека: возможности био-

- логической индикации дозы (аналитический обзор). Журн. мед. радиология и рад. безопасность, №1,2005, с. 37-47.
64. Бушманов А.Ю., Торубаров Ф.С. «Медико-психофизиологическое сопровождение работников атомных электростанций России», Материалы 4-го Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье», октябрь 2005 г., с. 456 – 458.
  65. Бушманов А.Ю., Торубаров Ф.С., Сорокин А.В. «Система медико-психофизиологического сопровождения работников атомных электростанций России». Тезисы Всероссийской научно-практической конференции «Современные подходы к медико-психологической реабилитации лиц опасных профессий», Москва, 2004, С. 14-16.
  66. Бушманов А.Ю., Шерстобитов А.Б. «Оценка риска развития мозгового инсульта при воздействии ионизирующей радиации». Международная конференция «Медико-дозиметрические регистры – основа регламентации радиационной безопасности профессионалов и населения, М, 7-11 июля, 2004, С. 91-92.
  67. Бушманов А.Ю., Щетинин В.В. «Профессиональные заболевания работников атомной отрасли». Ж. Медицина труда и промышленная экология, № 3, 2004, С. 7-10.
  68. Бушманов А.Ю., Щетинин В.В. Профессиональные заболевания у персонала Минатома России. Бюллетень Научного Совета Медико–экологические проблемы работающих, № 1, М., 2004 г., с. 46-49.
  69. В.Н.Гусятников, Р.З.Салахутдинов, А.Ю. Сомов. Экологический налог за воздействие электромагнитного излучения: социально-экономический аспект проблемы // Проблемы региональной экологии.-2005.-№4. С.14-21
  70. Гаврилов А.А., Гусятников В.Н., Нестеров Е.К., Оленьев В.В., Ревзин С.Р., Сомов А.Ю., Щербаков В.А. Возможные социально-экономические последствия введения платы за воздействие электромагнитного излучения //Известия Академии промышленной экологии. 2004. № 1, С. 65-69.
  71. Гарус Я. Н., Олесова В. Н., Уйба В. В., Бушманов А. Ю. и др. Интенсивность кариеса у работников с вредными условиями труда на Лермонтовском гидрометаллургическом заводе.- Российский стоматологический журнал.- 2005.- №6.- с. 37 - 38.

72. Гарус Я. Н., Олесова В. Н., Уйба В. В., Бушманов А. Ю. и др. Степень воздействия радиационного производственного фактора на интенсивность кариеса у персонала атомных станций.- Журн. Экономика и менеджмент в стоматологии, 2006.- № 3.- с. 66-70.
73. Гарус Я.Н., Олесова В.Н., Сорокоумов Г.Л., Уйба В.В., Рева В.Д., Бушманов А.Ю. «Влияние вредных производственных факторов на показатели стоматологической заболеваемости у работников промышленных предприятий». Изд.: СтГМА, 2006 г., 115с.
74. Гарус Я. Н., Олесова В. Н., Уйба В. В., Бушманов А. Ю. Сравнительные показатели интенсивности кариеса зубов у персонала атомной станции в зависимости от дозы ионизирующего воздействия (на примере Смоленской АЭС).- Журн. Стоматология, 2006, № 3, с. 18 - 21.
75. Голофеевский В.Ю., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Ващенко В.В., Дыдышко В.Т. Применение магнезиально–шунгитовых материалов в лечебно - профилактических учреждениях. Актуальные вопросы повышения работоспособности и восстановления здоровья военнослужащих и гражданского населения в условиях чрезвычайных ситуаций: Сб. тезисов Всероссийской научно-практической конференции 6-7 декабря 2006 г. СПб, 2006. – С. 226 -227.
76. Голышко А.В., А.Ю.Сомов Проблемы эколого-технического развития сетей сотовой связи // Вестник связи. 2003. № 10. С. 60-70.
77. Голышко А.В., А.Ю.Сомов, Л.Н.Борисова. Проблемы нормативно-правового регулирования электромагнитного излучения в сетях сотовой связи // Вестник связи. 2006. № 9. С. 46-51.
78. Гончаров Ю.Д., Поцелуева Л.Н., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Стамат И.П. Использование магнезиально – шунгитовых строительных материалов для обеспечения электромагнитной безопасности и защиты от радона. Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды Восьмой Всероссийской научно-практической конференции. Том 1.- СПб, 4-7 апреля 2005 г. - С. 98-102.
79. Григорьев О.А. , Меркулов А.В., Воробьев А.А.Пороговые значения интенсивности магнитной составляющей электромагнитного поля промышленной частоты на рабочих местах пользователей ПЭВМ по критерию пространственной нестабильности изображения на экранах видеомониторов. // Ежегодник Россий-



- ского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2003. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004. – С.164–169.
80. Григорьев О.А. , Меркулов А.В., Воробьев А.А. Пороговые значения интенсивности магнитной составляющей электромагнитного поля промышленной частоты на рабочих местах пользователей ПЭВМ по критерию пространственной нестабильности изображения на экранах видеомониторов. Там же С.164–169.
  81. Григорьев О.А. , Меркулов А.В., Степанов В.С. Электромагнитная обстановка вблизи базовых станций сотовой связи: гигиеническая оценка на основе многолетних измерений. // в сб. "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции 20–22 сентября 2004 г., Москва. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 26 февраля 2004 г., Москва. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004 – С.134–144.
  82. Григорьев О.А. , Меркулов А.В., Степанов В.С. Электромагнитная обстановка вблизи базовых станций сотовой связи: гигиеническая оценка на основе многолетних измерений. С.134-144
  83. Григорьев О.А. Мировой опыт организации следований биологического действия электромагнитного поля сотовой связи и обеспечения ораны здоровья населения в условиях развития сотовой связи // в Сб. "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции 20-22 сентября 2004 г., г. Москва. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 26 февраля 2004 г. Москва С. 196-201
  84. Григорьев О.А. О возможности использования энергетической нагрузки в целях оценки гигиенических условий пользователей ручных абонентских терминалов подвижной (сотовой) радиосвязи // Сборник докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности ЭМС – 2006. – С.Петербург: ВИТУ, 2006, С. 635-638.
  85. Григорьев О.А. О санитарно-эпидемиологической оценке абонентских терминалов сотовой радиосвязи // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизиру-

- ющих излучений за 2004-2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛАНА, 2006. – С.40-48
86. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г., Меркулов А.В. и др. Магнитное поле промышленной частоты: оценка опасности, опыт контроля и защиты // Медицина труда и промышленная экология. – 2004. – № 5. – С.25–30.
  87. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г., Меркулов А.В. и др. Магнитное поле промышленной частоты: оценка опасности, опыт контроля и защиты // Медицина труда и промышленная экология. – 2004. – № 5. – С.25–30.
  88. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., Чекмарев О.М. Биоэлектромагнитный терроризм: анализ возможной угрозы. // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004-2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛАНА, 2006. – С.205-216
  89. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А. Анализ практического применения методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой радиосвязи. // Сборник докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности ЭМС – 2006. – С.Петербург: ВИТУ, 2006. – С.632-634.
  90. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А. Анализ практического применения методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой радиосвязи. // Сборник докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности ЭМС – 2006. – С.Петербург: ВИТУ, 2006. – С.632-634.
  91. Григорьев О.А., Рубцова Н.Б., Меркулов А.В. К проблеме нормирования непрофессионального воздействия магнитного поля промышленной частоты 50 Гц // Актуальные вопросы профпатологии: Материалы 1-й научно-практической конференции врачей-профпатологов ФМБА России. 25–27 июня 2007 г. – Северодвинск, 2007. – С.49–50.
  92. Григорьев О.А., Рубцова Н.Б., Меркулов А.В. К проблеме нормирования непрофессионального воздействия магнитного поля промышленной частоты 50 Гц // Актуальные вопросы профпатологии

логии: Материалы 1-й научно-практической конференции врачей-профпатологов ФМБА России. 25–27 июня 2007 г. – Северодвинск, 2007. – С.49–50.

93. Григорьев Ю.Г. О.А.Григорьев, В.С.Степанов, О.М.Чекмарев Биоэлектромагнитный терроризм: анализ возможности угрозы. ЕЖЕГОДНИК Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, 2004-2005. Москва, 2006, 205-215
94. Григорьев Ю.Г. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ мобильной РАДИОСВЯЗИ И ОЦЕНКА РИСКА для населения(современное состояние проблемы и перспективные исследования). Медицина экстремальных ситуаций. 4 (8), 2006, 58-67.
95. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля передвижной радиосвязи и население (радиобиологическая оценка опасности). 5-ый съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). Тез. Москва, 2006, 10-14. Пленарный доклад.
96. Григорьев Ю.Г, Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Оценка опасности электромагнитных полей базовых станций для населения и биосистем. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2005, Т.45, №6, 726-731.
97. Григорьев Ю.Г, Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Характеристика и оценка электромагнитной обстановки вокруг базовых станций подвижной радиосвязи. Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2005, Т.45, №6, 722-725.
98. Григорьев Ю.Г, О.А.Григорьев. Основные научные итоги международной конференции «СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ: МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ». ЕЖЕГОДНИК Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, 2004-2005. Москва, 2006, 66-69.
99. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей и подростков (ситуация, требующая принятия неотложных мер). Ж. Радиационная биология. Радиоэкология. 2005, т.45, №4, 442-450.
100. Григорьев Ю.Г. Состояние и методология гигиенических стандартов для ЭМП РЧ с учетом широкого использования населе-

нием мобильной связи. Докл. на Межд. симпозиуме по проблемам дозиметрии. Москва. 11-14 декабря 2005.

101. Григорьев Ю.Г. Электромагнитная эволюция экологической среды и оценка опасности для человека (Современное состояние проблемы – ЭМИ мобильной радиосвязи).
102. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля подвижной радиосвязи и здоровье населения (оценка риска). ЕЖЕГОДНИК Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, 2004-2005. Москва, 2006, 18-30.
103. Григорьев Ю.Г. Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах (по итогам отечественных исследований). //В кн.: "Ежегодник. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений", М, 2004, 16-72.
104. Григорьев Ю.Г. И др. Электромагнитный биотерроризм: анализ возможной угрозы. Всемирный антикриминальный и антитеррористический форум. 2-я Международная конференция "Мировое сообщество против глобализации преступности и терроризма". Изд. Экономика. 2004, 151-153.
105. Григорьев Ю.Г. и др. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.6.1.-44-03-2004. Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах (ООКОКП-2004).
106. Григорьев Ю.Г. Техногенное электромагнитное загрязнение среды обитания (современная оценка проблемы). Ж. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2004, № 4, 11-16.
107. Григорьев Ю.Г. Электромагнитное поле сотовых телефонов и дети. Ситуация сейчас и оценка перспективы //IV Международный конгресс «Экология и дети», Анапа, 7-11 июня 2007г. – С.17-20.
108. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей: что ожидает наших детей в ближайшей и долгосрочной перспективе? //В кн.: "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты". Материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 сентября 2004 г., М, 12-65.

109. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В.. Базовые станции подвижной радиосвязи и безопасность населения: общая ситуация в России. ЕЖЕГОДНИК Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, 2004-2005. Москва, 2006, 31-35.
110. 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 АЛАНА, 2006. – С. 66-69
111. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Базовые станции подвижной радиосвязи и безопасность населения: общая ситуация в России. // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004–2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛАНА, 2006. – С. 31-36
112. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Базовые станции подвижной радиосвязи и безопасность населения: общая ситуация в России. // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004-2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛАНА, 2006. – С. 31-36
113. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Характеристика и оценка электромагнитной обстановки вокруг базовых станций подвижной радиосвязи // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45. № 6. – С. 722–725.
114. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Характеристика и оценка электромагнитной обстановки вокруг базовых станций подвижной радиосвязи // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45. № 6. – С. 722–725.
115. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В., Григорьев К.А. Возможное отдаленное влияние электромагнитных полей базовых станций подвижной радиосвязи на население и биоэкосистемы // Материалы 6-ого международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии

21-24 июня 2005 г. С.Петербург – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ  
"ЛЭТИ", 2005, С.283-287

116. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В., Григорьев К.А. Возможное отдаленное влияние электромагнитных полей базовых станций подвижной радиосвязи на население и биоэкосистемы // Материалы 6-ого международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии 21-24 июня 2005 г. С.Петербург – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2005, С.283-287
117. Григорьев Ю.Г., Рубцова Н.Б., Григорьев О.А., Меркулов А.В. К проблеме международной гармонизации стандартов по биологическому действию электромагнитного поля радиочастот. 5-ый съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность). Москва, 10-14 апреля 2006. Тез.2006,104.
118. Григорьев Ю.Г., Шафиркин А.В., Васин А.Л. К совершенствованию методологии нормирования ЭМП радиочастот. //В кн.: "Ежегодник. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений", М, 2004, 108-150.
119. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Магнитное поле промышленной частоты в условиях непрофессионального воздействия: оценка опасности, опыт контроля и защиты. //Ж. Машиностроитель, 2004, № 1, 53-59.
120. Иванов А.А., Азизова Т.В., Бушманов А.Ю. и др. Медицинские последствия деятельности предприятий атомной промышленности и энергетики. – в сб. трудов «К 20-ти летию аварии на Чернобыльской АЭС».- Москва, 2006, Изд. Комтехпринт, стр. 19 – 32.
121. Ильин Л.А., Булдаков Л.А., Бушманов А.Ю. «Профессиональные заболевания у персонала атомной отрасли», III Всероссийский конгресс «Профессия и здоровье», ноябрь 2004.
122. Ильин Л.А., Иванов А.А., Бушманов А.Ю. и др. Техногенное облучение и безопасность человека.- Под ред. Л.А. Ильина.- М.-Издат.-2006.- 303 с.
123. Каспаров А.А., Бушманов А.Ю., Кузьмина Л.П. и др. Нервно-эмоциональные перенапряжения и последствия для здоровья при уничтожении химического оружия. Брошюра «В помощь практическому врачу», Москва, 2005, изд. Ф-ма «Слово», 64с.

124. Каспаров А.А., Бушманов А.Ю., Рева В.Д. и др. Методические вопросы изучения репродуктивного здоровья в регионах хранения и уничтожения химического оружия. Брошюра «В помощь практическому врачу», Москва, 2005, изд. Ф-ма «Слово», 40с.
125. Котенко К.В., Бушманов А.Ю., Западинская Е.Э., Чаузова М.В. «Опыт применения бодиплетизмографии у пациентов с хроническим профессиональным бронхитом» Материалы II Всероссийского съезда врачей-профпатологов. Ростов-на-Дону, 3-5 октября 2006 г. Изд.: Ростов-на-Дону : ЗАО «Полиграфист», 2006 г., с.343-345.
126. Кузнецов П.А., Аскенази А.Ю., Фармаковский Б.В., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Плеханов В.П. Материалы на основе аморфных магнитных сплавов как средство защиты человека от постоянных магнитных полей и магнитных полей частотой 50 Гц. Сб. докладов восьмой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2004.-СПб, 2004.-С.594-600.
127. Кузнецов П.А., Аскинази А.Ю., Фармаковский Б.В., Середа Г.Г., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г. Силовой кабель с защитным экраном из аморфных магнитомягких сплавов. Сб. докладов 6 Международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. - СПб, 21-24 июня 2005. - С. 68-70.
128. Лисненко А.А., Мерзликин Л.А., Бушманов А.Ю. «Оценка последствий воздействия аварии на Чернобыльской АЭС на состояние бронхолегочной системы у ликвидаторов». Сборник Трудов III научно-практической региональной конференции «Состояние здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде», Москва, 2004, С.76-82.
129. Ляшко Г.Г., Никитина В.Н. Результаты экспериментальных и натурных исследований радиоэкранирующих свойств магнетиально-шунгитовых строительных материалов. Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды Девятой Всероссийской научно-практической конференции 3-6 апреля 2006 г. СПб, 2006. -Том 1 - С. 215-217
130. Ляшко Г.Г., Никитина В.Н. Экранирование электромагнитных полей магнетиально-шунгитовыми строительными материалами Мобильная связь. Мультисервисные услуги в высокоскоростных системах мобильной связи: Сборник трудов Меж-

дународного телекоммуникационного симпозиума, СПбГУТ 27-30 июня 2006 г. - СПб. – С. 11-15.

131. Ляшко Г.Г., Никитина В.Н., Никитин А.И., Сафронов Н.Б. Защита объектов методом экранирования электромагнитных полей магнетиально – шунгитовым материалом. Опыт и проблемы электромагнитных испытаний морского и авиационного оружия: Сб. докладов юбилейной научно – практической конференции, 23-25 мая 2006 г. - Приозерск Ленинградской области - С. 22-25.
132. Ляшко Г.Г., Никитина В.Н., Тимохова Г.Н., Соколов М.О., Кожарова Е.В. Электромагнитная обстановка при эксплуатации аппаратно-программных комплексов региональной системы безопасности мореплавания. Современные проблемы гигиены труда: Материалы Всероссийской научно-практической конференции.- СПб, 24-25 ноября 2005 г.- С. 100-101.
133. М.Мореханова, А.Сомов. Объективные и субъективные проблемы безопасности сотовой связи // Мобильные телекоммуникации. 2005 № 8 С.32-25
134. М.Мореханова, А.Сомов. Объективные и субъективные проблемы безопасности сотовой связи // Мобильные телекоммуникации. 2005 № 8 С.32-35.
135. Малинина Ю.А., Сомов А.Ю. Влияние электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц на *Daphnia magna* (Straus) // Радиационная биология, радиэкология, 2003, Т.43, № 5.
136. Межакова Е.В., Гастева Г.Н., Бушманов А.Ю. и др. Стандартизированный относительный риск возникновения опухолевых заболеваний у работников плутониевого производства. 3-я Международная конференция «Медицинские и экологические эффекты ионизирующего излучения», Северск-Томск, 20-21 апреля, 2005, С. 136-137.
137. Мерзликин Л.А., Бушманов А.Ю., Прищепенко И.С. «Анализ сопутствующей патологии при некоторых профессиональных заболеваниях (Предварительное сообщение)». Материалы У Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 30 октября – 2 ноября 2006 г. Изд.: М.: «Дельта», 2006 г., с374-376.



138. Меркулов А.В. К вопросу о гигиенической регламентации магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в условиях непрофессиональных воздействий // Технологии ЭМС. – 2005. – № 4. – С.62–66.
139. Меркулов А.В. Особенности формирования электромагнитной обстановки в СНЧ диапазоне при внепроизводственном воздействии в современных условиях // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2003. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004. – С.82–96.
140. Меркулов А.В., Воробьев А.А. К вопросу о необходимости совершенствования гигиенических регламентов электромагнитного поля радиочастот во внепроизводственных условиях. // в сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004–2005" // Сборник трудов. – М.: Изд-во АЛАНА, 2006. – С.104–108.
141. Меркулов А.В., Григорьев О.А., Воробьев А.А. Методические аспекты проведения инструментального контроля интенсивности магнитного поля промышленной частоты 50 Гц // Актуальные вопросы профпатологии: Материалы 1-й научно-практической конференции врачей-профпатологов ФМБА России. 25–27 июня 2007 г. – Северодвинск, 2007. – С.47–48.
142. Меркулов А.В., Григорьев О.А., Воробьев А.А. Методические аспекты проведения инструментального контроля интенсивности магнитного поля промышленной частоты 50 Гц // Актуальные вопросы профпатологии: Материалы 1-й научно-практической конференции врачей-профпатологов ФМБА России. 25–27 июня 2007 г. – Северодвинск, 2007. – С.47–48.
143. Метляева Н.А., Ларцев М.А., Абрамова В.Н., Бушманов А.Ю. «Взаимодействие медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии». Материалы У Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 30 октября – 2 ноября 2006 г. Изд.: М.: «Дельта», 2006 г., с222-225..
144. Миляев В.А., Бинги В.Н. О физической природе магнитобиологических эффектов. Квантовая электроника. 2006, 36 (8), 691-701.
145. Надежина Н.М., Галстян И.А., Бушманов А.Ю. и др. «Медицинское обеспечение личного состава 12 главного управления при

ликвидации последствий аварии с ядерным боеприпасом». Руководство. Москва, 2004. Утверждено начальником главного военно-медицинского управления МО РФ генерал-полковником медицинской службы И.Чижом 2004г.

146. Надежина Н.М., С.В. Филин, Бушманов А.Ю. и др. Случай острой лучевой болезни в результате неравномерного рентгеновского излучения. Сообщение 1. Журн. мед. радиология и рад. безопасность, №6,2005, с. 16-22.
147. Никитина В.Н, Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Орлова А.В. Вопросы электромагнитной безопасности на рабочих местах персонала медицинских учреждений. Сб. докладов 6 Международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. - СПб, 21-24 июня 2005. - С. 291-293.
148. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г, Тимохова Г.Н., Плеханов В.П., Калинина Н.И. Итоги и перспективные направления научных исследований по проблеме неионизирующих излучений (к 80-летию СЗНЦ гигиены). Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. //Сборник трудов.М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004.-С.10-14
149. Никитина В.Н. Гигиеническая ситуация в системах мобильной связи. Мобильная связь. Мультисервисные услуги в высокоскоростных системах мобильной связи: Сб. трудов Международного телекоммуникационного симпозиума, СПбГУТ 27-30 июня 2006 г. - СПб. – С. 5-10.
150. Никитина В.Н. Обеспечение безопасности и охраны здоровья особых групп населения в условиях воздействия ЭМП сотовой связи (беременные, дети, больные). Сотовая связь и здоровье: Материалы и тезисы межд. конференции, 20-22 сентября 2004 г.- М., 2004 г.- С. 178 – 180.
151. Никитина В.Н. Прогноз влияния электромагнитных излучений мобильных телефонов на центральную нервную систему человека. Сотовая связь и здоровье: Материалы и тезисы межд. конференции, 20-22 сентября 2004 г.- М., 2004 г.- С. 154-155
152. Никитина В.Н. Современное состояние проблемы защиты от электромагнитных полей. Сб. докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2006// СПб, 2006. С.34-39.

153. Никитина В.Н. Электромагнитная остановка в экранированных сооружениях. Актуальные вопросы повышения работоспособности и восстановления здоровья военнослужащих и гражданского населения в условиях чрезвычайных ситуаций: Сб. тезисов Всероссийской научно-практической конференции 6-7 декабря 2006 г. СПб, 2006. – С. 284 -285
154. Никитина В.Н. Электромагнитные поля как фактор риска здоровьем персонала. Средства и методы защиты от ЭМИ. Опыт и проблемы электромагнитных испытаний морского и авиационного оружия: Сб. докладов юбилейной научно – практической конференции, 23-25 мая 2006г. Приозерск Ленинградской области - С. 40-45 5
155. Никитина В.Н., Гончаров Ю.Д., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Тимохова Г.Н. Электромагнитные поля и здоровье женщин. Здоровье женщины. Вопросы профилактики и оздоровления: Материалы научно – практической конференции- СПб, 2-4 марта 2005 г.- С.112 – 113.
156. Никитина В.Н., Константинова Е.И. Применение магнезиально-шунгитовых строительных материалов для обеспечения электромагнитной безопасности и защиты от радона. Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России: Сб. докладов 7-й всероссийской научно-технической конференции 29-30 января 2007 г., М., 2007.
157. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И. Магнезиально-шунгитовые строительные материалы как средство защиты от радона и электромагнитных полей. Безопасность жизнедеятельности. №12, 2005- С. 34-36.
158. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Тимохова Г.Н., Питикин Д.А. Электромагнитная обстановка в современных офисных помещениях. Сб. докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2006. -СПб, 2006. С. 583-586.
159. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Никонов А.Н., Никитина Н.Ю. Электромагнитные поля в плавильных отделениях производства никеля. Медицина труда и промышленная экология. №12, 2004. -С. 39-41.
160. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Поцелуева Л.Н. Радиоэкранирующие свойства магнезиально-шунгитовых строительных матери-

- алов. Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. //Сборник трудов.М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006.-С.109 -113
161. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Тимохова Г.Н. Экологические аспекты электромагнитных излучений средств мобильной связи. Кораблестроительное образование и наука – 2005: Материалы научно-технической конференции - СПб, 25-28 октября 2005 г.-С. 20-22.
162. Никитина В.Н., Мельцер А.В. Актуальные проблемы обеспечения электромагнитной безопасности населения Санкт-Петербурга. Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды Девятой Всероссийской научно-практической конференции 3-6 апреля 2006 г. - СПб, 2006. -Том 1 - С. 237-240.
163. Орлова А.В., Никитина В.Н., Калинина Н.И. Электромагнитная обстановка на рабочих местах медицинского персонала при эксплуатации магниторезонансных томографов. Сб. докладов восьмой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2004 -СПб, 2004.- С.548-550.
164. Пальцев Ю.П., Меркулов А.В. О проблемах гигиенической оценки интенсивности электромагнитного поля абонентских терминалов сотовой связи. // в сб. "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции 20–22 сентября 2004 г., Москва. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 26 февраля 2004 г., Москва. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004 – С.183–189.
165. Плеханов В.П., Никитина В.Н. Экспресс-оценка риска здоровью персонала, работающего с источниками электромагнитных полей промышленной частоты. Сб. докладов восьмой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости ЭМС 2004- СПб, 2004. -С.561 – 563.
166. Ревзин С.Р., Сомов А.Ю., Сподобаев Ю.М. Экономические механизмы защиты окружающей среды от загрязнения электромагнитными полями // Инфокоммуникационные технологии. 2005. №2. С. 55-60.

167. Ревзин С.Р., Сомов А.Ю., Сподобаев Ю.М. Экономические механизмы защиты окружающей среды от загрязнения электромагнитными полями // Инфокоммуникационные технологии. 2005. №2. С. 55-60.
168. Рубцова Н.Б., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Гигиеническая регламентация воздействия магнитного поля промышленной частоты 50 Гц во внепроизводственных условиях // 6-й международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: Материалы симпозиума. 21–24 июня 2005 г. – СПб., 2005. – С.278–281.
169. Рубцова Н.Б., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Гигиеническая регламентация воздействия магнитного поля промышленной частоты 50 Гц во внепроизводственных условиях // 6-й международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: Материалы симпозиума. 21–24 июня 2005 г. – СПб., 2005. – С.278–281.
170. Рубцова Н.Б., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Магнитное поле промышленной частоты 50 Гц: гигиеническая регламентация воздействия во внепроизводственных условиях // Радиобиология, радиозэкология, радиационная безопасность: Тезисы докладов V съезда по радиационным исследованиям. 10–14 апреля 2006 г. – М., 2006. – Т.3. – С.125.
171. Рубцова Н.Б., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Магнитное поле промышленной частоты 50 Гц: гигиеническая регламентация воздействия во внепроизводственных условиях // Радиобиология, радиозэкология, радиационная безопасность: Тезисы докладов V съезда по радиационным исследованиям. 10–14 апреля 2006 г. – М., 2006. – Т.3. – С.125.
172. Рубцова Н.Б., Пальцев Ю. П., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля промышленной частоты и обеспечение безопасности их воздействия на население // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2003. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004. – С.73–81.
173. Рубцова Н.Б., Пальцев Ю. П., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитные поля промышленной частоты и обеспечение безопасности их воздействия на население // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2003. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2004. – С.73–81.

174. Саримов Р.М., Бинги В.Н., "Влияние нулевого магнитного и электростатического полей на психофизиологическое состояние человека". Материалы Международной конференции «Космическая погода: ее влияние на биологические объекты и человека», Москва 17-18 февраля 2005 г., под редакцией Атькова О.Ю. и Гурфинкеля Ю.И.; Москва, Репроцентр, 2006 г., 60-62 с.
175. Сомов А.. Проблемы гигиенического нормирования уровней электромагнитного излучения, создаваемого системами мобильной связи // Мобильные телекоммуникации. 2005. №1. С. 51-56
176. Сомов А.Ю., Борисова Л.Н., Голышко А.В. Частотно-территориальное планирование // Вестник связи. 2004. № 5. С. 46-52.
177. Стецер Д., Пак Ю.Э., Григорьев Ю.Г. и др. Оценка биологического действия шумовой составляющей спектра ЭМП, создаваемого сетями бытового электропитания (предварительные результаты). //В кн.: "Ежегодник. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений", М, 2004, 221-229.
178. Тищенко В.А. Возможности ВНИИФТРИ в международной системе калибровки средств измерений электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Измерительная техника, №1, 2005
179. Тищенко В.А. Состояние и развитие государственной эталонной базы в области радиоэлектронных измерений. Материалы VII Научно-техническая конференции «Метрология в радиоэлектронике».
180. Тищенко В.А., Мыльников А.В. Государственный специальный эталон девиации частоты. Измерительная техника, №1, 2005
181. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Измерение напряженности электрического поля методом компарирования. Материалы VII Научно-техническая конференции «Метрология в радиоэлектронике».
182. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Использование отрезка четырехпроводной линии передачи с коническими переходами в качестве эталонного источника магнитного поля. Материалы VII Научно-техническая конференции «Метрология в радиоэлектронике».
183. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Ключевые сличения в области измерений напряженности электрического поля

ССЕМ. RF-K-2. Материалы VII Научно-технической конференции «Метрология в радиоэлектронике»

184. Тищенко В.А., Аксентюк А.Р., Брянский Л.Н., Разикова Н.В. Роль эталонов ВНИИФТРИ в обеспечении единства измерений радиочастотного поля в свободном пространстве. Главный метролог №2, 2004
185. Тищенко В.А., Колотыгин С.А., Брянский Л.Н. Государственный первичный эталон единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне 0,3-178 ГГц. Материалы VII Научно-технической конференции «Метрология в радиоэлектронике»
186. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Метод расширения динамического диапазона при передаче размера единицы напряженности электростатического поля. Измерительная техника, №1, 2006
187. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Комментарии к метрологическим документам, регламентирующим обработку результатов измерений. Законодательная метрология, №4, 2006
188. Тищенко В.А., Токатлы В.И., Лукьянов В.И. Погрешности измерений. Обозначения. Законодательная метрология, №6, 2006
189. Торубаров Ф.С., Бушманов А.Ю., Сорокин А.В., Зверева З.Ф. «Система медико-психологического сопровождения и реабилитации персонала атомных станций России». Там же, С. 33-35.
190. Торубаров Ф.С., Дмитриева Г.Э., Бушманов А.Ю. Феноменология и место неврологических нарушений в структуре госпитальной заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Труды III научно-практической региональной конференции «Состояние здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде», 2004, М., с. 164-169.
191. Уйба В.В., Ильин Л.А., Котенко К.В., Бушманов А.Ю. «Профессиональные заболевания работников предприятий, прикрепленных на медицинское обслуживание к ФМБА России». Материалы II Всероссийского съезда врачей-профпатологов. Ростов-на-Дону, 3-5 октября 2006 г. Изд.: Ростов-на-Дону : ЗАО «Полиграфист», 2006 г., с.244-245.

192. Уйба В.В., Ильин Л.А., Котенко К.В., Бушманов А.Ю. «Профессиональная заболеваемость в отдельных отраслях промышленности, прикрепленных на медицинское обслуживание к ФМБА России». Материалы У Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 30 октября – 2 ноября 2006 г. Изд.: М.: «Дельта», 2006 г., с401-402.
193. Шафиркин А.В., А.С.Штенберг, Григорьев Ю.Г., А.Л. Васин. Оценка опасности микроволнового излучения, включая воздействие сотовых телефонов, на центральную нервную систему и здоровье различных групп населения.. Тез. Докл. конференции «Фундаментальные науки – медицине», РАН, Москва. Изд. «Слово», 2006,160-162.
194. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г. Радиобиологическое обоснование радиационного риска при осуществлении пилотируемого полета на Марс. 3-ти Сисакьяновские чтения, Ереван, Армения, 30 мая-3 июня 2004. Изд. Дубна, 2005, 155-191.
195. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г. Формализованные оценки степени модификации эффектов ионизирующей радиации при дополнительном воздействии ряда факторов на Земле и в условиях космического полета. //Ж. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004, 2, 3-14.
196. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г., Коломенский А.В. Радиационный риск для космонавтов при полете к Марсу. //Ж. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004, 2, 3-14.
197. Щербаков В.А., Сомов А.Ю., Ревзин С.Р. Особенности прогнозирования рационального природопользования // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2005. №10. С. 59-64.
198. Щербаков В.А., Сомов А.Ю., Ревзин С.Р. Особенности прогнозирования рационального природопользования // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2005. №10. С. 59-64.
199. Щербо А.П., Никитина В.Н., Калинина Н.И., Орлова А.В. Вопросы электромагнитной безопасности человека при клиническом применении магниторезонансной томографии. Организация больничной среды средствами новых технологий: Материалы XXXVII научной конференции СПбМАПО «Хлопинские чтения» - СПб.: СПбМАПО, 2004 г.- С. 179-183





## **Memorandum Of the IV International permanent Congress "Children and ecology" Anapa, Russia, June 7-11, 2007**

Congress participants indicated the urgency to protect children from RF EMF fields generated by mobile phones. This followed a presentation and discussion of a report by Prof. Yu.G. Grigoriev on "Electromagnetic fields from mobile phones and children's health and near and far future".

The need for resolving this problem was discussed in WHO documents (WHO fact sheet #272, March 2003) and by the Russian National Committee for Non-Ionizing Radiation Protection (2001, 2004). Recommendations were issued by the Scientific Committee of the European Commission on Health (2004) and at three international conferences (Moscow, 2004; Turkey, 2004 \*, 2004\*\*).

The number of children using mobile phones continually increases commencing at younger ages. Advertising mobile phone use has become more aggressive.

A number of studies have been published on possible adverse health effects in children and effects on physical postnatal development from mobile phone use.

The IV International Congress "Children and ecology" recommends that attention is needed to address this issue and appeals to the scientific community, as well as governmental and public organizations, to find practical solutions to this problem:

- Develop scientific programs and seek financial support for research programs;
- Conduct wider communications with the general public, the mass media and individuals in schools;
- Recommend restrictions for mobile phone use in schools;
- Ask mobile phones operators (manufactures) to restrict advertising that attracts children to use mobile phones;
- Determine norms for EMF exposure of children;
- Develop special devices to protect children using mobile phones.

The text of the memorandum was accepted unanimously.

Chair of the IV International permanent Congress “Children and ecology”, Academician R.I. Sychev.

**СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ОТДАЛЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ.  
МНЕНИЕ РОССИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ПО ЗА-  
ЩИТЕ ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
( ФЕВРАЛЬ 2007).**

Не ясная ситуация складывается и в сфере оценки опасности возможного развития отдаленных последствий у населения после длительного использования сотовых телефонов. Этой ситуации способствует эмоциональное восприятие результатов отдельных эпидемиологических исследований, оценивая их в категоричной форме, как окончательные, глобальные выводы для всего населения.

На протяжении нескольких последних лет было опубликовано несколько работ хорошо известных научной общественности Шведских ученых о возможности развития опухолей мозга у пользователей сотовых телефонов [Hardell, Mild et al, 199,2002, 2003]. Эти результаты прошли незамеченными СМИ и это было оправдано, т.к., естественно, существует необходимость дальнейшего накопления данных и увеличения срока использования мобильной связи для оценки возможного развития отдаленных болезней.

В 2003 г. на Международной конференции «Мобильная связь и головной мозг» (Будапешт, 2003) Hardell и Mild доложили результаты своих многолетних исследований. В 1997–2000 г. они провели дополнительные эпидемиологические исследования и анализ влияния ЭМП СТ на развитие опухоли мозга на 1617 пациентах в возрасте 20–80 лет, которые были разделены на 5 групп с разницей в 10 лет. Анализ различий между этими возрастными группами показал повышенный риск развития опухолей головного мозга в группе 20–29 лет. Для других возрастных категорий такой зависимости не было обнаружено. Дополнительный анализ этих данных показал, что лица группы 20–29 лет уже в детском возрасте начали пользоваться сотовыми телефонами. Эти результаты показали, что использование телефонов в детском и юношеском возрасте, начиная с 10 и более лет, может увеличить риск развития опухоли мозга у пользователей по сравнению с группой, где сотовые телефоны начали использовать в более старшем возрасте. Безусловно, этот вывод чрезвычайно важный и он расширяет круг последующих эпидемиологических исследований и проведение профилактических мероприятий среди детей.

Однако этот важный вывод авторов, как и ранее их опубликованные данные, не нашли резонанса у определенной группы американских и европейских ученых, а тем более в зарубежных и отечественных СМИ

Такая же ситуация возникла с двумя последующими публикациями Hardell et al. уже в 2006 году о высокой статистической значимости развития глиомы слухового нерва у пользователей СТ .

Ранее, в 2001 году другой группой ученых (Johansen C., Voise Jr., McLaughlin J., Olsen J.) были опубликованы результаты эпидемиологической работы по оценке возможности развития опухолей мозга у населения Дании. Авторы не нашли соответствующей корреляции. В то время активной реакции со стороны научной общественности и СМИ не было.

В 2006 году была опубликована работа в основном того же коллектива авторов, в которой был сделан вывод, что длительное использование СТ (более 10 лет) не приводит к развитию опухоли головного мозга у жителей Дании [Schuz J., Jacobsen R., Olsen H. et al]. Сразу же после опубликования этой статьи вдруг возникла большая волна публикаций в СМИ и широкое обсуждение среди Европейских ученых и представителей фирм-производителей сотовых телефонов о якобы сенсационных выводах об отсутствии связи развития опухоли мозга, невромы слухового нерва и опухолей других локализаций у жителей Дании при длительном использовании СТ. Это вводит в заблуждение население-пользователей сотовой связью. Вот некоторые весьма категоричные заглавия статей в зарубежных СМИ:

- «Сотовые телефоны не вызывают рак мозга» (The Toronto Daily News).
- «Сотовые телефоны не увеличивают риск рака» (Reuters).
- «Большие исследования не находят связи между сотовыми телефонами и раком» (SJ Mercury News).
- «Исследование: сотовые телефоны безопасны» (Newsday).
- «Сотовые телефоны не вызывают рак» (Techtree.com. India).
- Некоторые научные форумы также категорично оценили выводы этой статьи:
- «Сотовые телефоны не связаны с риском рака» (JNCI).
- «Сотовые телефоны – фиктивная паника» (American Council on Science and Health).

Сложилось впечатление, что эта одновременно возникшая акция во многих странах, включая Россию, появилась как результат какой-то божьей силы или продуманной политики корпораций, заинтересованных в сиюминутных прибылях.

В середине февраля вновь возникла близкая ситуация, связанная с появлением в научной печати статьи «Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries» уже в другом сочетании авторов. Вновь возникла волна различных трактовок этих результатов, которые были сформулированы этими авторами слишком категорично: нет риска развития глиом среди пользователей МТ, продолжительность использования МТ также не влияло на риск развития опухоли, не получены различия в

развитии опухолей при использовании аналоговых или цифровых телефонов. Между тем, авторы отметили увеличение частоты развития опухолей мозга на стороне головы, где чаще использовался телефон. В России члены РНКЗНИИ вынуждены были через СМИ вести разъяснительную работу среди населения на появление столь противоречивой информации.

Наше мнение, что категоричные выводы, сделанные в ряде научных публикациях и подхваченные СМИ, не создает условий для продуманной взвешенной оценки опасности развития опухоли головного мозга у пользователей СТ. Мы, ученые, должны проводить более взвешенную и терпеливую политику по этой чрезвычайно сложной проблеме, наши выводы исключительно ответственны. В настоящее время реализуется Международная эпидемиологическая программа ВОЗ под эгидой Международного агентства исследования рака ( IARC) по данной проблеме. В этих исследованиях принимают участие 13 стран Европы и Северной Америки. Разумно подождать результатов этих исследований. Далее, например, под эгидой Консультативного Комитета при ВОЗ по проблеме «ЭМП и здоровье человека» провести анализ всех полученных результатов за последние годы, пригласив исполнителей этих исследований и независимых экспертов. Примерно этой точки зрения придерживается и Генеральный секретарь Международной ассоциацией производителей средств мобильной связи (Mobile Manufacturers Forum – MMF). М. Миллиган.

Конечно, не ясна роль СМИ в этой ситуации: то она находится в состоянии полного умолчания, то в состоянии невероятной коллективной активности и слишком категорична в своих выводах. Отсутствуют, к сожалению, комментарии ICNIRP по этой проблеме. Население как бы оставлено в состоянии «свободного плавания» в этой весьма серьезной проблеме.

Положение усугубляется еще тем, что в России нормативы более жесткие и критерии для их обоснования принципиально различные по сравнению с зарубежными.. В России мы основываемся на результатах хронического воздействия ЭМП РЧ малых уровней (не тепловых) и вводим критерий запаса от так называемого действующего уровня, который вызывает выраженные адаптационные реакции в организме. Зарубежные нормативы были основаны на эффектах острых воздействий тепловых уровней ЭМП РЧ. Коэффициент запаса вводился от уровня патологической реакции. Отсутствуют публикации, рассматривающие базовые постулаты, которые позволили ICNIRP при нормировании перейти от острых тепловых воздействий к нормированию хронических воздействий ЭМП РЧ малых интенсивностей.

До сих пор остается непонятной ситуация с полным игнорированием Российских (Советских) работ по биологическому действию ЭМП малых интенсивностей, по оценке опасности этого вида излучения для населе-

ния. Большинство Европейских и Американских ученых не привлекают в своих работах ранее полученные данные в России (в СССР). Например, в очень обширном обзоре по биологическому действию ЭМП, в котором использовано более 1000 публикаций ученых многих стран (Bioelectromagnetics, Supplement 6, 2003) ни одной отечественной работы не упоминается. ICNIRP при разработке своих рекомендаций не использует результаты, полученные в России. Ссылки на незнание русского языка не могут быть приняты для объяснения этой ситуации. Прежде всего, уже имеется достаточное число публикаций ученых из России на английском языке. Кроме того, затраты различных зарубежных фондов на перевод отечественных работ на английский язык составили бы сотые доли затрат от сумм, выделяемых этими фондами на проведение исследований за рубежом по этой проблеме.

Придавая исключительное значение прогнозу возможного развития отдаленных последствий, Российский национальный Комитет по защите от неионизирующего излучения считает возможным сформулировать следующие выводы:

- на сегодня научных знаний не хватает для однозначной оценки возможности и невозможности развития отдаленных эффектов у пользователей сотовой связью;
- крайне необходимо уже сейчас ввести в группу риска детей и начать эпидемиологические исследования за этой когортой на основе международной программы;
- разработать специальную программу по оценке возможного накопления неблагоприятных биоэффектов в условиях длительного хронического воздействия ЭМП РЧ низкой интенсивности.
- отсутствие достаточных знаний по проблеме требует активно использовать предупредительный принцип.

Ранее население не встречалось с такими источниками электромагнитного излучения, как мобильные телефоны и базовые станции. Условия облучения населения стали революционно новыми. Исходя из сложившейся ситуации в России сформулирован ряд профилактических рекомендаций в отношении детей и подростков:

**\*Рекомендации Российского Национального Комитета по защите от неионизирующего излучения (19.09.2001) и Санитарных правил и норм Минздрава России(2.1.8/2.24.1190- 2003") по ограничению детей пользоваться мобильной связью,**

**\*Рекомендации населению Российского Комитета по защите от неионизирующего излучения о не использовании сотовых телефонов детьми и подростками до 16 лет (19 сентября 2001 года).**

**\*Решение Российского национального Комитета по защите от неионизирующего излучения об ограничении использования сотового телефона детьми и подростками, о необходимости проведение исследований детей-пользователей сотовыми телефонами.(23 июня 2004).**

В России ведется активная разъяснительная работа среди населения о необходимости проведения многолетних исследований для оценки риска возможного развития отдаленных последствий и как следствие необходимо соблюдать жесткий режим предосторожности при использовании сотовой связи.

Председатель РНКЗНИИ  
Профессор

Ю.Г. Григорьев

1. Hardell L., Hallquist A., Mild H. et al. Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumors.// *Fur J. Cancer Prev.*, 2002, 11, 377–386.
2. Hardell L., Mild H., Sandstrom M. et al. Vestibular schwannoma, tinnitus and cellular telephones. // *Neuroepidemiology*, 2003, 22, 124–129.
3. Hardell L., Mild H. Mobile and cordless telephones and association with brain tumours in different age groups. // *Abstract book. 5-th COST 281 MCM and Workshop "Mobile telecommunications and the brain". Budapest, Nov. 15-16, 2003.*
4. Hardell L., Carlberg M., Mild K. Case-Control Study on Cellular and Cordless Telephones and the Risk for Acoustic Neuroma or Meningioma in Patients Diagnosed 2000-2003.// *Neuroepidemiology*, 2005,25,120-125.
5. Hardell L., Walker M., Walhjalt B. et al. Secret Ties to Industry and Conflicting Interests in Cancer Research. // *American J. industrial medicine*, 2006,1-7.
6. Hardell L. Pooled analysis of two case-control studies of the use of cellular and coreless telephones and the risk of benign brain tumors diagnosed during 1997-2003.// *Int. J. Oncology*, 2006, 28, 509-518.
7. Schuz J., Jacobsen R., Olsen H. et all. Cellular Telephone Use and Cancer Risk: Update of a Nationwide Danish Cohort. // *J. National Cancer Institute*, 2006,V.98, №23, December 6,1707-1713.. Hardell L., Nasman A.,



- Pahison A. et al. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: a case-control study. // *Int. J. Oncol.* 1999. 15. 113–116.
8. Schuz J., Jacobsen R., Olsen H. et al. Cellular Telephone Use and Cancer Risk: Update of a Nationwide Danish Cohort. // *J. National Cancer Institute*, 2006, V.98, №23, December 6, 1707-1713..
  9. Mc Bride. Review of RF/microwave epidemiology studies, with emphasis on potential health risk from wireless communications devices. // *BEMS. Abstract Book 24 Annual Meeting. Canada, June 23-27, 2002, 85-86*.
  10. Международный круглый стол «Гармонизация российских и международных стандартов и методов измерения уровня неионизирующих излучений средств мобильной связи». Москва. 7.12.2006).
  11. Johansen C., Boice Jr., McLaughlin J., Olsen J. Cellular telephones and cancer – a nationwide cohort study in Denmark. // *J. Natl. Cancer Inst.*, 2001, 93, 203-207.)
  12. Lakkola A., Auvinen A., Raitanen J. et al. Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries. // *Int. J. of Cancer*. Online: 17 Jan. 2007.

