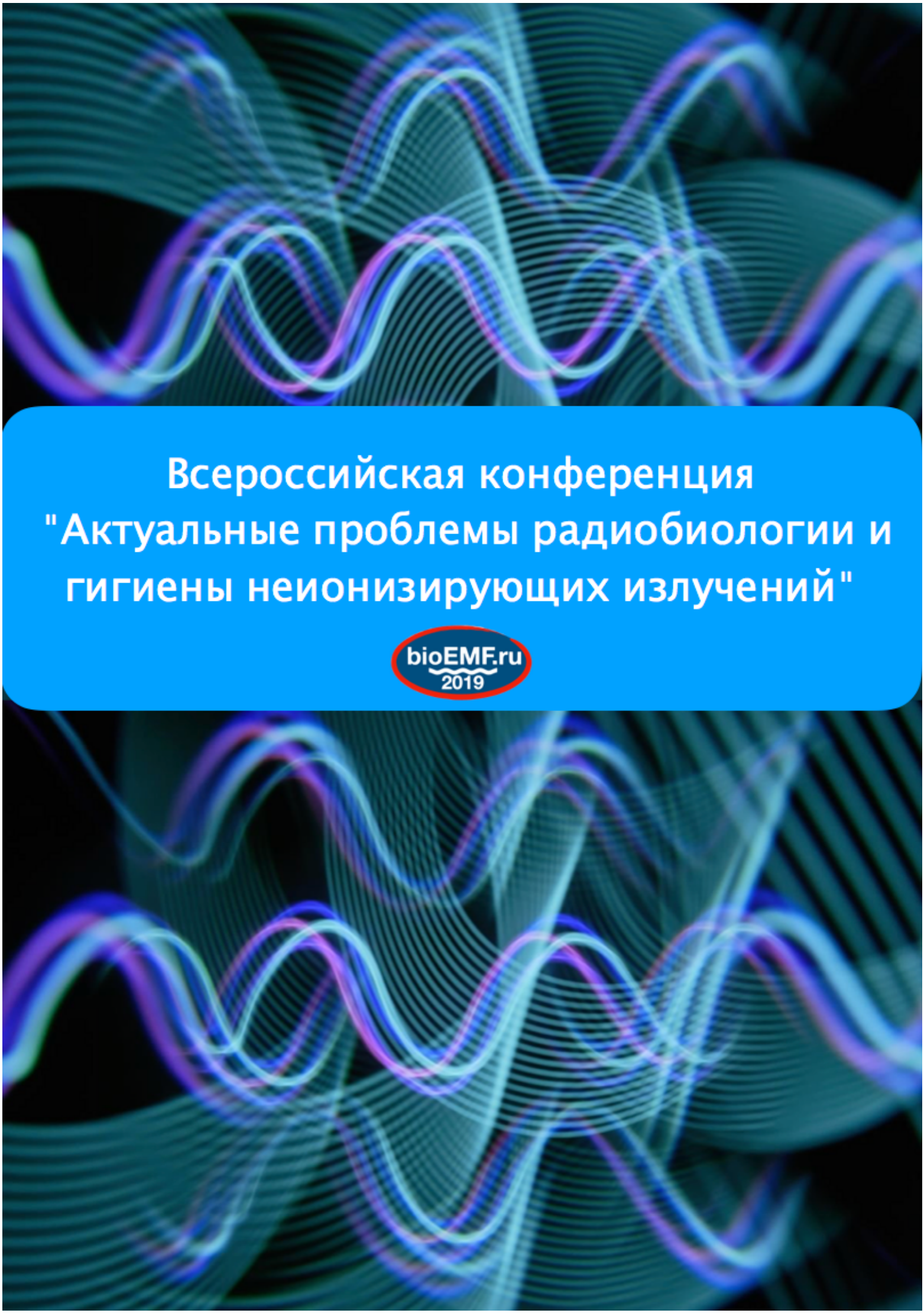


Всероссийская конференция "Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений"

bioEMF.ru 2019

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЫ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Всероссийская научная конференция
12-13 ноября 2019 года

Сборник докладов

Москва, 2019

bioEMF.ru
2019

ACTUAL ISSUES OF RADIOBIOLOGY AND HYGIENE FOR NON-IONIZING RADIATION

PROCEEDINGS OF SCIENTIFIC CONFERENCE 12-13 NOVEMBER 2019

MOSCOW, RUSSIA

bioEMF.ru 2019

Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции, Москва, 12-13 ноября 2019 г. – Москва: Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2019. – 215 с.

ISBN 978-5-6041530-0-0

*В сборнике представлены доклады и основные материалы всероссийской научной конференции **"Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений"**, состоявшейся в Москве 12-13 ноября 2019 года.*

Пятьдесят три доклада распределены по трем сессиям: радиобиология неионизирующих излучений, гигиена и безопасность неионизирующих излучений, неионизирующие излучения в агропромышленном комплексе.

В конференции приняли участие 91 человек, предварительно зарегистрировались и получили материалы конференции - 141 человек. Докладчики и участники представляли организации Министерства науки и образования, Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, Министерства здравоохранения, Роспотребнадзора, Министерства обороны и других ведомств, государственных корпораций и независимых исследовательский центров.

Тексты докладов представлены в редакции авторов. Организационным и Программным комитетом тексты не редактировались. Соответствие содержания докладов требованиям законодательства Российской Федерации является ответственностью авторов.

Презентации устных докладов участников конференции, давших согласие на публикацию, размещены на сайте конференции: www.bioemf.ru

© Авторы докладов, 2019

© Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, 2019

© Научный совета по радиобиологии Российской Академии Наук, 2019

© Григорьев О.А., 2019

Содержание

Приветствие Президента РАН и Вице-президента РАН	17
Приветствие Председателя Научного Совета по радиобиологии РАН	18
Организационный и Программный Комитет	19
сессия **РАДИОБИОЛОГИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**	21
ЗНАЧИМОСТЬ АДЕКВАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОПАСНОСТИ ЭМП СОТОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В 21 ВЕКЕ. Григорьев Ю.Г.	22
НЕЙРОЭФФЕКТЫ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (ОТ НЕЙРОНА К ОБРАЗОВАНИЯМ МОЗГА, ЦНС, ОРГАНИЗМУ) Лукьянова С.Н.	26
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ Ушаков И.Б., Федоров В.П., Асташова А.Н.	29
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ МОДУЛИРОВАННЫХ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТОЙ 2,4 ГГц НА МОДЕЛИ ЛОКОМОЦИИ ФИБРОБЛАСТОВ В КУЛЬТУРЕ Мухачёв Е.В., Аль-Шехадат Р.И., Носов В.Н., Габай И.А., Пекин А.В.	32
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАГРУЗКА, СВЯЗАННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА МЛАДШИМИ ШКОЛЬНИКАМИ, И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ИХ САМОЧУВСТВИЕ И БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МОЗГА Вятлева О.А., Курганский А.М.	35
РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА Чуешова Н.В.	38
ЭФФЕКТЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1745 МГц) НА ОРГАНИЗМ КРЫС-САМЦОВ Чуешова Н.В., Новиков Р.И., Козлов А.Е., Шубенок Е.А.	41

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ МЕТАБОЛИТОВ МОНООКСИДА АЗОТА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС Бакшаева М.А.	45
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ В НЕЙРОЭКОНОМИКЕ Гимранов Р.Ф., Гимранов Р.Р.	47
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (КЛИНИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ) Ибадова Г.А., Ташпулатова Г.А., Хамидова Г.М., Максудова Л.М.	50
МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАРУШЕНИЯ У ПЛАНАРИЙ DUGESIA TIGRINA И SHMIDTEA MEDITERRANEA В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ Ускалова Д.В., Устенко К.В.	53
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 525 НМ У МЫШЕЙ IN VIVO Дюкина А.Р. , Заичкина С.И., Розанова О.М. , Сорокина С.С., Смирнова Е.Н., Поцелуева М.М., Наумов А.А., Ларюшкин Д.П.,Минаев Н.В., Юсупов В.И.	56
ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ В УСЛОВИЯХ ГОЛОДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ Устенко К.В., Ускалова Д.В.	59
НАУЧНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНЕЗИСА «ТЕПЛОВОГО» И «НЕТЕПЛОВОГО» МЕХАНИЗМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОТАХ ДАНИЛЕВСКОГО И Д’АРСОНВАЛЯ Алексеева В.А.	62
ДЕЙСТВИЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ С ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОМ ФОТОРАН Е6 НА САРКОМУ М-1 КРЫС Каплан М.А., Южаков В.В., Абрамова О.Б., Дрожжина В.В., Бандурко Л.Н., Береговская Е.А., Корчагина К.С., Чурикова Т.П., Цыганова М.Г., Корецкая А.Е., Романко Ю.С	65
ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛН НА ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РЕАКЦИЮ КРЫС Колганова О.И., Жаворонков Л.П., Павлова Л.Н, Панфилова В.В., Чибисова, О.Ф. Шварцбург Л.К.	68

ПРОЯВЛЕНИЕ СИНЕРГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ Лукьянова С.Н., Петин В.Г.	71
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СНИЖЕНИЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К НЕИОНИЗИРУЮЩЕМУ ИЗЛУЧЕНИЮ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЯМ Miniou P., Bellouma K.	74
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДНК В КЛЕТКАХ РАЗЛИЧНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА Никанорова Е.А., Иванов К.Ю., Нагиба В.И., Паточка Г.Л., Варганова И.А., Медведев Я.И.	77
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЦНС ПО ТЕСТУ ВЫРАБОТКИ УСЛОВНОГО ОБОРОНИТЕЛЬНОГО РЕФЛЕКСА У КРЫС Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П.,Колганова О.И.	79
ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ ДИАПАЗОНА СРЕДСТВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ОНТОГЕНЕЗ ПОТОМСТВА Панфилова В.В., Колганова О.И., Чибисова О.Ф.	82
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СУБНАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК ЛИНИЙ JURKAT И SKOV3 Петров А.А., Моралева А.А., Антипова Н.А., Амиров Р.Х., Самойлов И.С., Пестовский Н.В., Савинов С.Ю.	84
СОСТОЯНИЕ КЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛОЖНОМОДУЛИРОВАННОГО ЭМИ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ Рохмистрова Е.Г., Ананьева Ю.Е., Захарова О.А., Лабынцева О.М.	88
ИЗМЕНЕНИЯ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОСТРОМ НЕРАВНОМЕРНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ОБЛУЧЕНИИ Федоров В.П., Ушаков И.Б., Гундарова О.П.	91
РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ГЛОБАЛЬНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЭКОСИСТЕМЫ Русанов А.	94
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ. Хамидова Г.М., Ташпулатова Г.А, Ибадова Г.А, Максудова Л.М	97

ПРОБЛЕМЫ КАТАРАКТОГЕНЕЗА Микрюкова Л.Д.	100
Сессия **ГИГИЕНА И БЕЗОПАСНОСТЬ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**	103
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЫ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Григорьев О.А.	104
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ Никитина В.Н.	110
ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Сподобаев Ю.М.	114
ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА, СОЗДАВАЕМОГО СИСТЕМАМИ СОТОВОЙ (МОБИЛЬНОЙ) СВЯЗИ Мордачев В.И.	120
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА - КАК ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА Ташпулатова Г.А., Зарединов Д.А., Магай М., Хамидова Г.М., Максудова Л.М.	124
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В БОЛГАРИИ, КАК ЧЛЕНЕ ЕС Исраэль м., Зарядова В., Иванова М., Шаламанова Ц., Иванова П. Походзей Л.В. (перевод, редакция),	134
ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ПРИНЦИПА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ Зубарев Ю.Б. Григорьев Ю.Г., Алексеева В.А., Розе Т.Г., Григорьев О.А.	141
ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЭМП МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ ДЛЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ИТОГИ ЕДИНСТВЕННОГО В МИРЕ 14 – ЛЕТНЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ Хорсева Н.И., Григорьев, Ю.Г., Григорьев П.Е.	148
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОТДЕЛЕНИЯХ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В России И ЗА РУБЕЖОМ Походзей Л.В., Руднева Е.А., Пальцев Ю.П., Курьеров Н.Н.	151

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ Стурман В.И.	155
ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО ВБЛИЗИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ПО КРИТЕРИЮ ЭКСПОЗИЦИИ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА) Прокофьева А.С., Григорьев О.А.	159
ИЗМЕНЕНИЕ БИОРИТМОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Ященко С.Г., Шибанов С.Э.	161
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ - ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПИЧНЫХ УСЛОВИЙ Комаров Д.Б., Прокофьева А.С., Григорьев О.А.	164
ЗАВИСИМОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ, СОЗДАВАЕМОЙ ТЕРМИНАЛАМИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г	166
СИСТЕМА МИНИМИЗИРУЮЩАЯ ИЗЛУЧЕНИЕ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА Баранов А.Н.	169
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Гульбин В.Н., Бибиков С.Б.	171
ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ДОЗИМЕТР МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ «МЕРА» Дмитриев А.С., Ицков В.В., Попов М.Г., Рыжов А.И.	174
ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БИОЛОГИИ, РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЕ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В РОССИИ ЗА ПРОШЕДШИЕ СТО ЛЕТ Алексеева В.А., Григорьев О.А., Прокофьева А.С., Гошин М.Е.	178
СЕССИЯ **НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В АГРО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**	183
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ СОДЕРЖАНИЯ СВИНОМАТОК Мирзоев Э.Б., Кобялко В.О.,. Саруханов В.Я, Губина О.А., Фролова Н.А.	184
ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО УФ ОБЛУЧЕНИЯ НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ (Hordenum vulgare L.) Гусева О.А., Цыгвинцев П.Н., Гончарова Л.И.	187

ДЕЙСТВИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ Лазукин А.В., Кривов С.А., Сердюков Ю.А.	190
ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Петрухина Д.И., Горбатов С.А., Шестериков А.Ю., Тихонов В.Н., Иванов И.А., Тихонов А.В.	193
ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО УФ И СВЧ ОБЛУЧЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ПАРШОЙ Цыгвинцев П.Н., Тихонов А.В., Тихонов В.Н., Иванов И.А.	197
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХРАНЕНИЕ И ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ Гапоненко С.О., Бардюкова А.В., Милевич Т.И., Герасименя В.П.	200
МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ АГРО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА Тихонов В.Н., Иванов И.А., Тихонов А.В.	204
ПРИМЕНЕНИЕ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ШАМПИНЬОНОВ федянина н.и., карастоянова о.в., коровкина н.в., мусатова а.а.,шишкина н.с.	207
ОБОРУДОВАНИЕ КЗАРМ «ЗЕЛЕНЫЕ ВОЛНЫ®» И СПОСОБЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ ОНТОГЕНЕЗА РАСТЕНИЙ, В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО И СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ Герасименя В.П. , Захаров С.В., Милевич Т.И.,Шамаль Н.В.	210

Content

Letter form president and vice-president of the Russian Academy of Science	17
Letter form Chairman of the Scientific Consul for Radiobiology of the Russian Academy of Science	18
Organizing & Program Committee	20
Session **RADIOBIOLOGY OF NON-IONIZING RADIATION**	21
SIGNIFICANCE OF ADEQUATE INFORMATION ABOUT THE DANGER OF CELLULAR CONNECTION FOR HEALTH OF POPULATION IN THE 21ST CENTURY Grigoriev Yu.G.	22
NEUROEFFECTS OF WEAK ELECTROMAGNETIC INFLUENCES (FROM NEURON TO BRAIN FORMATIONS, CNS, BODY) Lukyanova S.N.	26
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE NERVOUS SYSTEM CHRONIC EXPOSURE TO IONIZING RADIATION Ushakov I.B., Fyodorov V.P., Astashova A.N.	29
EXPERIMENTAL STUDY OF BIOTROPIC EFFECT OF LOW FREQUENCY MODULATED ELECTROMAGNETIC 2,4 GHz FIELDS ON FIBROBLAST CULTURE MODEL Mukhachev E.V., Al-Shekhadat R.I., Nosov V.N., Gabay I.A., Pekin A.V.	32
ELECTROMAGNETIC LOAD ASSOCIATED WITH THE MOBILE PHONE USE IN YOUNGER STUDENTS, AND ITS IMPACT ON THEIR WELL-BEING AND BRAIN BIOELECTRIC ACTIVITY Vyatleva O.A., Kurgansky A.M.	35
REPRODUCTIVE SYSTEM AS A CRITERION FOR ASSESSING THE DANGERS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM A MOBILE PHONE Chueshova N.V.	38
EFFECTS OF LONG-TERM EXPOSURE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM A MOBILE PHONE (1745 MHz) ON THE RAT-MALES BODY Chueshova N.V., Novikau R.I., Kazlou A.Y., Shubianok A.A.	41

INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY AND ELECTROMAGNETIC RADIATION OF MOBILE COMMUNICATION ON THE CONCENTRATION OF METABOLITES OF NITROGEN MONITUM IN SERUM OF RAT BLOOD Bakshayeva M.A.	45
INDIVIDUAL APPROACH TO THE USE OF TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION AND NEUROINTERFACES IN NEUROECONOMICS Gimranov R.F., Gimranov R.R.	47
SOME ASPECTS OF THE RADIO FREQUENCY RANGE ELECTROMAGNETIC RADIATION BIOLOGICAL EXPOSURE (CLINICAL-EXPERIMENTAL RESEARCH) Ibadova G.A., Tashpulatova G.A., Khamidova G.M., Maksudova L.M.	50
MORPHO-FUNCTIONAL DISTURBANCES AT THE DUGESIA TIGRINA AND SHMIDTEA MEDITERRANEA PLANARIA IN A LOW-INTENSE RADIO-FREQUENCY FIELD Uskalova D.V., Ustenko K.V.	53
BIOLOGICAL EFFECTS OF LOW-INTENSITY FEMTOSECOND LASER RADIATION WITH A WAVELENGTH OF 525 NM IN MICE IN VIVO Dyukina A.R. , Zaichkina S.I. , Rozanova O.M., Sorokina S.S.,. Smirnova E.N, Potselueva M.M., Naumov A.A., Laryushkin D.P., Minaev N.V., Yusupov V.I.	56
EFFECTS OF IRRADIATION IN A LOW-INTENSIVE RADIO-FREQUENCY FIELD UNDER HUNGER CONDITIONS BY THE EXAMPLE OF AN INVERTEBRATE ANIMALS Ustenko K.V., Uskalova D.V.	59
“THERMAL” AND “NON-THERMAL” MECHANISM OF ELECTROMAGNETIC BIOLOGICAL EFFECTS: SCIENTIFIC-HISTORICAL ANALYSIS OF THE GENESIS FOR TEORYES OF DANILEVSKY AND D’ARSONVAL Alekseeva V.A.	62
EFFECT OF PHOTODYNAMIC THERAPY WITH THE PHOTOSENSITIZER PHOTORAN E6 ON RAT SARCOMA M-1 Kaplan M.A., Yuzhakov V.V., Abramova O.B., Drozhzhina V.V., Bandurko L.N., Beregovskaya E.A., Korchagina K.S., Churikova T.P., Tsyganova M.G., Koretskaya A.E., Romanko Yu.S.	65
EFFECT OF CHRONIC MICROWAVE RADIATION EXPOSURE ON THE ORIENTING-EXPLORATORY RESPONSE OF RATS Kolganova O.I.,. ZhavoronkovL.P, Pavlova L.N., Panfilova V.V., Chibisova O.F., Shvarzburg L.K.	68
SYNERGISTIC EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF NON-THERMAL INTENSITY Lukyanova S.N., Petin V.G.	71

MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF THE EFFECT ON THE HUMAN ORGANISM OF LOWERING THE THRESHOLD OF TOLERANCE TO NON-IONIZING RADIATION BY ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING THE EMERGENCE OF ELECTROMAGNETIC HYPERSENSITIVITY MINIOU P., BELLOUMA K.	74
STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DNA CHANGES IN CELLS OF DIFFIRENT TISSUES UNDER RADIOFREQUNCY ELECTROMAGNETIC IRRADIATION NIKANOROVA E.A., IVANOV K.YU., NAGIBA V.I., PATOCHKA G.L., VARGANOVA I.A., MEDVEDEV YA.I.	77
ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE CHRONIC EXPOSURE OF A LOW_INTENSITY ELECTROMAGNETIC FIELD TO THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM BY THE TEST OF THE DEVELOPMENT OF A CONDITIONED DEFENSIVE REFLEX IN RATS PAVLOVA L.N.,.ZHAVORONKOV L.P, KOLGANOVA O.I.	79
THE EFFECT OF CHRONIC EXPOSURE TO RADIATION RANGE OF MOBILE COMMUNICATION IN THE EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS OF POSTERITY PANFILOVA V. V., KOLGANOVA O. I., CHIBISOVA O. F.	82
ACTION OF SUBNANOSECOND PULSED ELECTROMAGNETIC FIELD ON JURKAT AND SKOV3 CELLS PETROV A.A., MORALEVA A.A., ANTIPOVA N.A., AMIROV R.KH., SAMOYLOV I.S., PESTOVSKII N.V., SAVINOV S.YU.	84
STATE OF CELLULAR METABOLISM AFTER THE ACTION OF COMPLEX MODULATED EMR OF NON-THERMAL INTENSITY ROKHMISTROVA E.G., ANANIEVA YU.E., ZAKHAROVA O.A., LABYNTSEVA O.M.	88
CHANGES IN NEURONS OF THE CEREBRAL CORTEX IN ACUTE UNEVEN ELECTROMAGNETIC IRRADIATION FYODOROV V.P.,USHAKOV I.B., GUNDAROVA O.P.	91
ROLE OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL FACTORS IN GLOBAL ELECTROMAGNETIC POLLUTION OF HUMAN BEINGS AND ECOSYSTEMS RUSANOV A.	94
SOME ASPECTS OF THE MOLECULAR MECHANISM AFFECT OF RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF A RANGE ON AN ORGANISM OF EXPERIMENTAL ANIMALS. KHAMIDOVA G.M, TASHPULATOVA G.A., IBADOVA G.A., MAKSUDOVA L.M.	97
PROBLEMATIC ISSUES OF CATARACTOGENESIS MIKRYUKOVA L.D.	100
SESSION **HYGIENE AND OF SAFETY FOR NON-IONIZING RADIATION**	103

ACTUAL ISSUES OF RADIOBIOLOGY AND HYGIENE OF NON-IONIZING RADIATION AND NEW EMF TECHNOLOGIES GRIGORIEV O.A.	104
TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN RADIO TECHNOLOGIES. THE PROBLEM OF PROVIDING ELECTROMAGNETIC SAFETY OF THE POPULATION NIKITINA V.N.	110
PROBLEMS OF HYGIENIC NORMING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MODERN NETWORK TECHNOLOGIES SPODOBAEV YURI M.	114
ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC BACKGROUND, CREATED BY SYSTEMS OF THE CELLULAR (MOBILE) COMMUNICATIONS MORDACHEV V.I.	120
ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE RADIO FREQUENCY RANGE AS A HYGIENIC PROBLEM TASHPULATOVA G.A., ZAREDINOV D.A., MAGAY M., KHAMIDOVA G.M., MAKSUDOVA L.M.	124
EXPOSURE LIMITS FOR NON-IONIZING RADIATION (NIR) IN BULGARIA AS AN EU MEMBER ISRAEL M., ZARYABOVA V., IVANOVA M., SHALAMANOVA T., IVANOVA P.	127
THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE AND PRACTICAL SOLUTIONS FOR OF MOBILE PHONES USERS PROTECTION ZUBAREV Y.B.; GRIGORIEV Y.G. ; ALEKSEEVA V.A.; ROSE T.G. ;, GRIGORIEV O.A.	141
HAZARD ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MOBILE PHONES FOR CHILDREN AND TEENAGERS. THE RESULTS OF THE WORLD'S ONLY LASTED 14–YEARS PHYSIOLOGICAL STUDIES KHORSEVA N.I., GRIGORIEV YU.G., GRIGORIEV P.E.	148
MODERN STATE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS HYGIENIC EVALUATION IN THE MAGNETIC RESONANCE IMAGING DEPARTMENTS IN THE RUSSIAN FEDERATION AND ABROAD POKHODZEY L.V., RUDNEVA E.A., PALTSEV Y.P., KUREROV N.N.	151
SPATIAL VARIABILITY AND TEMPORAL DYNAMICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN CASE OF URBAN ENVIRONMENT STURMAN V.I.	155
NUMBER OF POPULATION LIVING NEAR THE POWER TRANSMISSION LINES AND EXPOSED BY THE POWER FREQUENCY MAGNETIC FIELD ABOVE 0,3 MT (ON THE EXAMPLE OF THE MOSCOW REGION) PROKOFYEVA A.S., GRIGORIEV O.A.	159
CHANGES IN BIORHYTHMOLOGICAL INDICATORS USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES YASHCHENKO S.G., SHIBANOV S.E.	161

THE WORKPLACES ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT OF DIGITAL SCHOOL Komarov D.B., Prokofeva A.S., Grigoriev O.A.	164
DEPENDENCE OF THE DISEASES OF THE BLOOD CIRCULATION SYSTEM ON ELECTROMAGNETIC LOAD CREATED BY MOBILE TERMINALS Rybalko S.Yu., Yaschenko S.G.	166
THE SYSTEM THAT MINIMIZE CELL PHONE RADIATION Baranov A.N.	169
ELECTROMAGNETIC SAFETY COMPOSITES Gulbin V.N., Bibikov S.B.	171
PERSONAL MICROWAVE DOSIMETER «MERA» Dmitriev A.S., Itskov V.V., Popov M.G., Ryzhov A.I.	174
THE HISTORY OF SCIENTIFIC CONFERENCES ON ELECTROMAGNETIC BIOLOGY, RADIOBIOLOGY AND HYGIENE OF NON-IONIZING RADIATION IN RUSSIA OVER THE PAST HUNDRED YEARS Alekseeva V.A., Grigoryev O.A., Prokofieva A.S., Goshin M.E.	178
Session **NON-IONIZING RADIATION FOR AGRICULTURAL INDUSTRY**	183
THE USE OF NON-IONIZING RADIATIONS IN TECHNOLOGIES FOR SOWS KEEPING Mirzoev E.B., Kobyalko V.O., Sarukhanov V.Ya., Gubina O.A., Frolova N.A.	184
INFLUENCE OF ACUTE UV IRRADIATION ON BARLEY (Hordenum vulgare L.) Guseva O.A., Tsygvintsev P.N., Goncharova L.I.	187
EFFECT OF STATIC ELECTRIC FIELD ON GERMINATION OF SPRING WHEAT SEED'S Lazukin A.V.,. Krivov S.A, Serduykov Yu. A.	190
PLASMA TECHNOLOGY IN AGRICULTURE AND FOOD INDUSTRY Petrukhina D., Gorbatov S., Shesterikov A., Tikhonov V., Ivanov I., Tikhonov A.	193
INFLUENCE OF PRE-SEEDING UV AND MICROWAVE IRRADIATION OF POTATOE TUBER ON THE PATHOGENES Tsygvintsev P.N., Tikhonov A.V., Tikhonov V.N., Ivanov I.A.	197
INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON STORAGE AND GROWTH OF SEEDS OF BARLEY Gaponenko S.O., Bardyukova A.V., Milevich T. I., Gerasimenya V.P.	200
THE USE OF MICROWAVE RADIATION IN AGRICULTURAL TECHNOLOGIES Tikhonov V., Ivanov I., Tikhonov A	204

APPLICATION OF UV RADIATION IN COMPLEX TECHNOLOGY OF STORAGE OF CHAMPIGNIONS SHISHKINA N.S., FEDYANINA N.I., KARASTOYANOVA O.V., KOROVKINA N.V., MUSATOVA A.A.	207
KZARM «GREEN WAVES®» AND ITS APPLICATION IN THE EARLY STAGES OF ONTOGENY OF PLANTS UNDER CONDITIONS OF IONIZING AND WEAK ELECTROMAGNETIC RADIATION GERASIMENIA V.P., ZAKHAROV S.V., MILEVICH T.I., SHAMAL N.V.	210

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Российская академия наук»
(РАН)
Ленинский просп., 14, Москва, ГСП-1, 119991, Телетайп/Телекс 411095 ANS RU,
Факс (495) 954-33-20 (Ленинский просп., 14), (495) 938-18-44 (Ленинский просп., 32а)
Справочное бюро (495) 938-03-09, http: // www.ras.ru

11.11.2019 № 10012-22

На № _____

Участникам
Всероссийской конференции
"Актуальные проблемы
радиобиологии и гигиены
неионизирующих излучений",

Москва, 12-13 ноября 2019 года

Уважаемые участники конференции!

Российская академия наук приветствует участников Всероссийской конференции "Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений"!

Роль науки особенно велика, когда речь идет о новых технологиях, развивающих нашу цивилизацию, об их безопасности для здоровья.

Отечественная научная школа электромагнитной радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений непрерывно развивается более 120 лет. В нашей стране разработаны первые в мире обязательные санитарные нормы электромагнитного поля для работающих на производстве и для населения в целом.

Бурное внедрение в современную жизнь высокотехнологичных цифровых технологий поставило новые задачи перед мировым научным сообществом в части разработки разумных и реализуемых регламентов безопасности, сберегающих здоровье технологий.

Искренне желаем всем участникам конференции интересной плодотворной работы во имя совершенствования охраны здоровья граждан России.

Президент
Российской академии наук
академик РАН А.М. Сергеев

Вице-президент
Российской академии наук
академик РАН В.П. Чехонин

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Научный совет по радиобиологии

Россия, 119334 ,Москва, ул.Косыгина 4 тел/факс +7-495-939-7438; email: radbio@sky.chph.ras.ru

Дорогие коллеги!

От имени Научного Совета по радиобиологии РАН приветствую открытие важного научного мероприятия: Всероссийской конференции "Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений". Проблемы, которые будут рассмотрены в ходе работы этого форума, действительно, представляются крайне важными для дальнейшего развития мировой цивилизации. Возрастание нагрузок электромагнитных излучений на население планеты ставит перед человечеством вопросы поистине глобального масштаба. И, прежде всего, это касается оценки опасности влияния на здоровье населения сотовой связи вследствие её интенсивного развития, особенно в наиболее новейших стандартах. Появляются все более убедительные свидетельства того, что действие электромагнитных полей имеет отдаленные последствия, вплоть до возникновения злокачественных опухолей. Особую тревогу здесь вызывает тот факт, что наиболее уязвимой частью населения по отношению к вредному влиянию электромагнитных полей, являются дети – будущее нашей планеты.

Научный Совет по радиобиологии РАН уверен, что Ваш форум даст дополнительный импульс развития исследований в этой важной области радиационной биологии и привлечет внимание властных структур к необходимости решения рассматриваемых на конференции проблем.

Председатель Научного Совета по радиобиологии РАН

Член-корреспондент РАН Е.А. Красавин

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ И ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Григорьев О.А., со-председатель Оргкомитета, д.б.н., Председатель Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ)

Красавин Е.А., со-председатель Оргкомитета, чл-корр. РАН, д.б.н., профессор , Председатель Научного совета РАН по радиобиологии, ЛРБ ОИЯИ

Алексеева В.А., ответственный секретарь Оргкомитета (Центр электромагнитной безопасности, РНКЗНИ)

Зубарев Ю.Б., чл-корр. РАН, д.т.н., профессор (ЗАО МНИТИ, Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН)

Клюшников В.Ю., д.т.н. (ФГУП ЦНИИмаш)

Найдич В.И., к.х.н. (ФГБУН ИТЭБ РАН, Научный совет РАН по радиобиологии)

Никитина В.Н., д.м.н. (ФБУН "СЗНЦ гигиены и общественного здоровья" Роспотребнадзора, РНКЗНИ)

Носов В.Н., д.м.н. (ФГБУ ГосНИИПП)

Панов А.В., д.б.н., профессор РАН (ФГБНУ ВНИИРАЭ)

Походзей Л.В., д.м.н. (ФГБНУ "НИИ МТ", ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, РНКЗНИ).

Селезнев А.Б., к.м.н., доцент (ФГБУ ГНИИИ ВМ МО РФ)

Сподобаев Ю.М., д.т.н., профессор (ФГУП НИИР, РНКЗНИ)

Прокофьева А.С., Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, Центр электромагнитной безопасности

Комаров Д.Б., Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений, Центр электромагнитной безопасности

Председатель Программного Комитета

Григорьев Ю.Г., д.м.н., профессор, почетный Председатель Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, Председатель Секции радиобиологии неионизирующих излучений Научного совета РАН по радиобиологии

Организационные вопросы участия

- *Ученый секретарь РНКЗНИ:* **Алексеева В.А**., bioemf@yandex.ru

Сайт РНКЗНИ: www.emf-net.ru

- *Ученый секретарь Научного совета РАН по радиобиологии*:

Найдич В.И., radbio@sky.chph.ras.ru

Сайт Научного совета РАН по радиобиологии: www.radbio.ru

Организаторы Конференции

- Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений
- Научный совет РАН по радиобиологии (Отделение физиологических наук РАН)
- Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН
- Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
- Центр электромагнитной безопасности

ORGANIZING & PROGRAM COMMITTEE

- GRIGORIEV Oleg, co-chairman of the Organizing Committee, Doctor of Biological Sciences, Chairman of the Russian National Committee for Non-ionizing Radiation Protection
- KRASAVIN Evgeniy, co-chairman of the Organizing Committee, Member-Corr. of Russian Academy of Science, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chairman of the Scientific Council on Radiobiology of Russian Academy of Science
- ALEKSEEVA Victoria, Scientific Secretary of the Russian National Committee for Non- ionizing Radiation Protection
- ZUBAREV Yuri, Member-Corr. of Russian Academy of Science, Doctor of Technical Sciences, Professor (Department of Nanotechnologies and Information Technologies of the Russian Academy of Sciences)
- KLYUSHNIKOV Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor
- NAIDICH Valeria, Ph.D., Scientific Secretary of the Scientific Council on Radiobiology of Russian Academy of Science
- NIKITINA Valentina, Doctor of Medical Sciences, Scientific Center for Hygiene and Public Health of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
- NOSOV Viktor, Doctor of Medical Sciences
- PANOV Alexey, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences
- POKHODZEY Larisa, Doctor of Medical Sciences, Professor Moscow State Medical University
- SELEZNEV Alexey, Ph.D, MD, Associate Professor
- SPODOBAEV Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor

Chairman of the Program Committee

GRIGORIEV Yuri, Doctor of Medical Sciences, MD, Professor, Honorary Chairman of the Russian National Committee for Protection against Non-ionizing Radiations, Chairman of the Radiobiology Section of Non-ionizing Radiations of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Radiobiology

Conference Working Language - RUSSIAN

- www.bioemf.ru
- www.emf-net.ru
- www.radbio.ru

СЕССИЯ
РАДИОБИОЛОГИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ЗНАЧИМОСТЬ АДЕКВАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОПАСНОСТИ ЭМП СОТОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В 21 ВЕКЕ.

Ю.Г. Григорьев
Федеральный медико-биофизический центр им. А.И. Бурназяна
Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений

В настоящее время проводится много исследований по оценке влияния на организм ЭМП сотовой связи. Однако эти результаты, как правило, не обобщаются, проводятся по критериям, зависящих от многих причин, не связанных с воздействием ЭМП и не могу быть адекватной информацией для установления соответствующего риска, не могу быть базовыми для установления нормативов. Рассматривается возможность определить значимые реперные направления и готовность их к определению понятию адекватной информации.

Ключевые слова – опасность ЭМПРЧ, стандарты, опухоли мозга, дети, антенатальное развитие, репродуктивная система у мужчин, адекватная информация..

SIGNIFICANCE OF ADEQUATE INFORMATION ABOUT THE DANGER OF CELLULAR CONNECTION FOR HEALTH OF POPULATION IN THE 21ST CENTURY.

Yu.G. Grigoriev
Federal Medical and Biophysical Center named after A.I. Burnazyan
Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection

Currently, a lot of research is underway to assess the impact on the body of EMF cellular communications. However, these results, as a rule, are not generalized, are carried out according to criteria depending on many reasons that are not related to the effects of EMF and cannot be adequate information to establish the corresponding risk, It can not be basic for setting standards. The possibility of determining significant benchmarks and their readiness to determine the concept of adequate information is being considered.

Keywords - EMPR risk, standards, brain tumors, children, antenatal development, reproductive system in men, adequate information ..

Электромагнитные поля относятся к вредным видам излучения. Безопасность их воздействия на население зависит, прежде всего, от принятых стандартов. В СССР первые стандарты электромагнитные поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) для населения были приняты в 1984 году – 10 мкВт/см^2. В то время это были самые жесткие стандарты в мировой практике. В США стандарт был равен 1000 мкВт/см^2 , этот стандарт был принят Международной комиссией по стандартам. Однако с 2012 года ситуация резко изменилась, на протяжении 17 лет страна за страной стали ужесточать стандарты ЭМП РЧ. На сегодня более 12 стран ввели в действие более жесткие нормативы, чем в России (Австрия, Италия, Канада, Бельгия, Китай, Испания, Бразилия, Болгария, Польша и др.). Можно заключить, что адекватных данных по этой проблеме нет, хотя хроническое облучение ЭМП РЧ всего тела населения продолжается. К сожалению, ситуация еще более усугубляется в связи с внедрение в нашу жизнь сотовой связи, конкретно мобильных телефонов (МТ), использование

которых приводит непосредственно к облучению ЭМП РЧ головного мозга. Это новый критический орган при этом облучении, который стал значимым в проблеме стандартизации ЭМП впервые за весь период цивилизации. По этой проблеме вообще отсутствует необходимая радиобиологическая и гигиеническая научная база данных, отвечающие требованиям стандартизации. Получение адекватной информации по этой проблеме равно нулю.

По нашему мнению, пока единственным объективным критерием для оценки неблагоприятного действия ЭМП РЧ на население является установление факта развития опухолей мозга у пользователей МТ. Эта патология мало связана с фактором внешней среды и отклонение от существующих показателей может быть коррелирована с использованием МТ. По этой проблеме имеется явный прогресс. Интенсивно ведутся в ряде стран эпидемиологические исследования во главе со Шведской школой.

IARC в 2011 опубликовало сообщение, в котором ЭМП РЧ сотовых телефонов отнесли к промоторам опухолей мозг по группе 2В.Очень важно для подтверждения возможного развития этой патологии являются классические радиобиологические эксперименты на животных [1]. Проведенные два хронических экспериментов на крысах с их облучением ЭМП РЧ в дозах, близким к существующим стандартам являются уникальным/ В 2016 году было сообщено о результатах крупномасштабного двухлетнего эксперимента, проведенного в США [2]. Важно, что эта программа финансировалась правительством США, стоимость - $ 25 миллионов. Это исследование показало статистически существенное увеличение развития рака среди подопытных крыс [2]. Болонский институт Рамазини повторил американское исследование [3] В итальянском исследовании (стоимость эксперимента 5 млн Евро), уровни воздействия на крыс и мышей были значительно ниже, чем те, которые использовали в американском исследовании..

Несмотря на эти различия в выбранных поглощённых доз, оба исследования выявили статистически значимое увеличение развития злокачественных опухолей в мозге.

Hardel L в 2018 году учетом результатов этих двух экспериментов, предложил модернизировать классификацию IARC и перевести ЭМП РЧ в Группу 1, «как реальный канцероген для населения». [4].

В 2018 году была представлена и точка зрения российских ученых [5].

После завершения двух Национальной программой токсикологии в США и Институтом Рамаззини в Италии многие ученые считают, что теперь есть «явные доказательства» того, что радиационное облучение сотового телефона может вызывать рак.

Оценена ли опасность облучения проникающими ЭМП мозга детей? Научная общественность слишком далеко находится от решения этой проблемы. Отсутствует соответствующая научная радиобиологическая база для установления порогового безопасного уровня ЭМП РЧ при дробном хроническом воздействии на мозг ребенка, как за рубежом, так и в России. Проводимые на протяжении 14 лет – исследования психофизиологических показателей детей и подростков – пользователей мобильной связью являются единственными в мире. Результаты этого уникального исследования опубликованы в книгах [6,7] и более чем в 30 статьях. Начаты эпидемиологические исследования соматического здоровья детей и в Институте гигиены детей РАН [8]. Следует особо обратить внимание на то, что до сих пор зарубежные ученые ограничиваются использованием либо почтовой переписки с родителями (анкетный метод), либо исследованиями однократного воздействия.

РНКЗНИ принял с 2011 пять решений об опасности ЭМП сотовой связи для детей. Однако только в 2019 году Роспотребнадзор и Рособрнадзор выпустили рекомендации по ограничению использования гаджетов в школах, но, к сожалению, на основе старых отдельных зарубежных публикаций. Конечно, это эпохальное решение Государственных структур. Тем не менее, до сих пор отсутствуют нормативы для детей, хотя поглощённая доза в мозге ребенка значительно больше и организм ребенка более чувствителен к физическим факторам внешней среды [9]. Кроме того, отсутствует научная база для разработки безопасных стандартов для детей. Фактически дети всех стран участвуют в своеобразном «эксперименте» с неопределенными результатами по их здоровью. Мы находимся далеко от получения адекватной достоверной информации об опасности для детей ЭМП сотовой связи (СС).

Более сложный критерий для оценки опасности ЭМП СС является антенатальное развитие плода. Слишком много факторов могут повлиять на его развитие. Электромагнитной специфики в изменении развития нет, хотя имеется много публикаций по этой проблеме и в России и за рубежом. Целенаправленно эти исследования проводятся в Гомельском Институте радиобиологии НАН Белоруссии.
К сожалению, до сих пор нет международной экспертной оценки всех полученных результатов. Мы находимся далеко от получения адекватной информации для возможности оценить риски.

В последнее время весьма обсуждаема проблем влияния ЭМП РЧ на репродуктивную система у мужчин. Проведено большое число исследований на добровольцах и в эксперименте на животных, однако до сих пор опять - таки нет экспертных оценок. Является важны продвижением этой проблемы обобщение сделанное Г.Г. Верещако [10].

Заключение.

В настоящее время не представляется возможным оценить значимость многих радиобиологических исследований в оценке риска ЭМП РЧ СС. Однако если учесть, что ~~в~~ процесс исследования идет уже более 20 лет, накоплен огромный материал, мировая научная общественность просто обязана оценить риски. Существующая ситуация с элементами анархии может трактоваться как эксперимент над населением с пассивным ожиданием развитии четкой патологии.

Список литературы

1. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, vol. 102. // International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 2013. http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf

2. Institute of Environmental Health Secrets: NIEHS Mum on $25 Million RF Animal Project

/MICROWAAVE, NIENS 2015 https://microwavenews.com/news-center/ntp-rf-animal-studies

3. Falcioni L, at al. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. Environ Res . 2018 N.165, p.496-503

4. Hardell L., Carlberg M.. Comments on the US National Toxicology Program technical reports on toxicology and carcinogenesis study in rats exposed to whole-body radiofrequency radiation at 900 MHz and in mice exposed to whole-body radiofrequency

radiation at 1,900 MHz. Int. J. Oncology, 2018. https://www.spandidos-publications.com/10.3892/ijo.2018.4606

5. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г., Зубарев Ю.Б. и др., Электромагнитное поле абонентских терминалов сотовой связи и рак: научные итоги 2018 года и новые задачи перед гигиеной, радиобиологией и отраслью связи. Матер.III Международного форума Научного совета РФ по экологии и гигиене окружающей среды. М.,2018, с.78-80.

6. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применение мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям. М.: Экономика. 2014, 230 с.

7 Grigoriev Yu.G., Khorseva N.I. Chapter 10. in book Mobile Communications and Public Health Edited by Marko Markov. 2019 by Taylor & Francis Group, LLC p 237-253

8. Текшева Л.М., Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Хамит З.Х.. Гигиенические аспектыиспользования сотовой связи в школьном возрасте. Гигиена и санитария. 2014, Т.93, №2, с. 60-65

9. WHO. Healthy environments for children. Backgrounder No3, 2003.

10. Верещако Г.Г. Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомства. «Белорусская наука» 2015., 183 с.

НЕЙРОЭФФЕКТЫ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (ОТ НЕЙРОНА К ОБРАЗОВАНИЯМ МОЗГА, ЦНС, ОРГАНИЗМУ)

С.Н. Лукьянова
Федеральное государственное бюджетное учреждение « Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна», Москва, Россия.lukyanovasn@yandex.ru

Настоящее сообщение – обобщение результатов собственных исследований, представляющих реакции на ЭМП (ППЭ ≤ 300 мкВт/см^2, экспозиция 1÷30мин) отдельных нейронов, образований мозга, ЦНС и организма. Сопоставимые и корректные условия проведения экспериментов позволяют увидеть связь между изучаемыми реакциями - фундаментальную основу формирования нейроэффектов слабых электромагнитных воздействий. Комплекс полученных материалов имеет прямое отношение к научному обоснованию существования подобных эффектов, их фундаментальным характеристикам и путям модификации.
Ключевые слова: ЭМП, слабое воздействие, реакция, нейрон, структуры мозга, ЦНС, организм.

NEUROEFFECTS OF WEAK ELECTROMAGNETIC INFLUENCES (FROM NEURON TO BRAIN FORMATIONS, CNS, BODY)

S.N. Lukyanova,
SRC – FMBC , Moscow, Russia, lukyanovasn@yandex.ru

The present report is a generalization of the results of their own studies, representing reactions to EMF (PPE 300mkw/cm2, exposure of 1 to 30min) of individual neurons, brain formations, CNS and the body. Comparable and correct conditions of experiments allow to see the connection of studied reactions, the fundamental basis of the formation of neuroeffects of weak electromagnetic influences. The complex of the received materials is directly related to the scientific justification for these effects, their fundamental characteristics and ways of modification.
Keywords: EMF, weak exposure, reaction, neuron, brain structures, CNS, body.

Большой объём экспериментального материала доказывает наличие статистически достоверных изменений на ЭМП (1÷6ГГц, 300мкВт/см^2, 1с) в экстраклеточной биоэлектрической активности нейронов – основных структурных и функциональных единиц нервной системы [1,2]. Эта реакция реализуется в результате непосредственного действия ЭМП на ткань мозга. Именно нейроны свидетельствуют о том, какой из нервных процессов (возбуждение или торможение) активируется в каждом конкретном случае. Реакция могла сводиться к усилению или снижению импульсной активности (соответственно, возбуждению, торможению) или отсутствовать, что целиком определялось исходной фоновой характеристикой. Эта зависимость от фона и определяла внутрицентральные взаимоотношения в ответ на изучаемые воздействия [3]. В условиях спонтанной активности наиболее реактивными образованиями были гипоталамус и кора, а наименее – ретикулярная формация среднего мозга. Изменение исходного фона (введение кофеина или адреналина) изменяло эти соотношения. Наиболее часто встречаемые (основные) реакции в виде усиления процессов торможения находят отражение и в суммарной биоэлектрической

активности мозга, что можно видеть при параллельной регистрации импульсной и суммарной активности.

Анализ суммарной биоэлектрической активности различных образований мозга даёт дополнительную и более чёткую информацию о возможности кумуляции слабых эффектов, о латентных периодах наблюдаемых реакций и зависимости от параметров ЭМП. Первым проявлением кумуляции является наиболее частое проявление реакции в первую минуту после выключения ЭМП по сравнению с периодом экспозиции. Латентный период изучаемой реакции очень большой по сравнению с ответами на известные адекватные стимулы (свет, звук). Зависимость от фона по данным ЭЭГ анализа также играет большую роль в реализации реакции, но является более сложной, включая корреляционные отношения между ЭЭГ различных структур мозга и типологические особенности ЭЭГ по характеристике альфа диапазона [1]. Изучение зависимости от параметров ЭМП поддерживает мнение Ю.А. Холодова - чем больше меняющихся параметров (в частности, режимы: непрерывный, модуляция меандром, импульсный, пачечно-импульсный), тем эффективнее ответ [4]. В целом, наблюдаемая по суммарной активности реакция это – неспецифический ответ на слабый (скорее подпороговый) раздражитель.

Действие слабых ЭМП на ЦНС (как систему) наблюдали при выработке соответствующего условного рефлекса и влиянии на вызванные вспышками света ответы. И в том и другом случаях принимает участие группа функционально связанных образований (проводящие структуры) коры и подкорки. Полученные конкретные результаты о больших латентных периодах реакций на ЭМП объясняли отрицательные попытки выработать совпадающий или коротко отставленный рефлексы на данное воздействие. Только в случае увеличения изолированного действия ЭМП (20с – мода в кривой распределения латентных периодов) можно было наблюдать в экспериментах на кроликах выработку условного двигательного рефлекса избегания. И на этом этапе исследований находит отражение основная реакция нейронов (усиление процессов торможения). Она определяет более слабую по скорости и прочности выработку рефлексов на ЭМП по сравнению со светом и звуком и тормозное влияние на вызванные ответы. Биологическая значимость наблюдаемой реакции чаще соответствует адаптационному ответу на слабый раздражитель для ЦНС и трактуется как охранительное торможение.

Разносторонние исследования показали, что в своём влиянии на ЦНС изучаемое электромагнитное воздействие подчиняется фундаментальным законам физиологии о модификации биологической значимости слабого раздражителя. Усиление его действия можно наблюдать при усложнении режима облучения, повторении коротких экспозиций и в случаях комбинирования и сочетания с факторами другой модальности. Именно усиление биологической значимости слабого ЭМП воздействия приводят к появлению откликов и в функциональном состоянии организма. При этом эффект определяется сложной полипараметрической зависимостью [5]. Учитывая её составляющие, можно объяснять наблюдаемые ответы на ЭМП нетепловой интенсивности и прогнозировать получение желаемого результата, используя неспецифические законы физиологии. В качестве примера приводится терапевтический эффект модулированного ЭМП на состояние экспериментального невроза (модель невроза страха у кролика) и усугубляющее влияние поля на организм испытателя-добровольца в условиях выполнения монотонной операторской деятельности [1,6] .

Совокупность представленного материала дополняет данные литературы, доказывая правомерность отношения к слабому электромагнитному воздействию как к реально существующему, который в различных условиях может иметь различную биологическую

значимость, что требует тщательного отношения к комплексной характеристике условий и параметров воздействия.

Список литературы

1. Лукьянова С.Н. ЭМП СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для ЦНС М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2015, 200с.
2. Лукьянова С.Н. Фундаментальная характеристика реакции нейронов головного мозга на ЭМП нетепловой интенсивности // Радиационная биология. радиоэкология, 2019, том 59, № 4, с. 414–429
3. Лукьянова С.Н., Меркулов А.В. К вопросу о степени участия различных отделов головного мозга в реакциях на магнитное и электромагнитное поля малых уровней // Радиац. Биология. Радиоэкология. 2012. том 52. №6. С. 608 -615.
4. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М.: Наука. 1975. 284 С.
5. Лукьянова С.Н., Уйба В.В.. Терапия экспериментального невроза у кроликов с помощью электромагнитного поля в сравнении с факторами электрической и химической природы.// Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2017. Том 62. №3 с.5-12
6. ЖаворонковЛ.П., ДубовикБ.В., ПавловаЛ.Н. и др. Влияние модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС// Радиация и риск. 2011. Т20.№2. С. 64-74

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И.Б. Ушаков[1], В.П. Федоров[2], А.Н. Асташова[3]
[1]Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия; [2]ФГБВОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры», Воронеж, Россия;[3]Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского И Ю.А. Гагарина» Воронеж, Россия.

Резюме. В эксперименте на мышах, крысах и собаках, подвергшихся пролонгированному электромагнитному излучению с ППЭ = 300 мВт/см^2, длиной волны 12,6 см и экспозицией на уровне «нулевого эффекта» установлено, что чувствительность структур нервной системы к электромагнитному облучению характеризуется видовыми отличиями и находится в обратной зависимости от массы тела животного: наиболее чувствительны к хроническому микроволновому облучению мыши, более резистентные структуры нервной системы крыс и наименьшей чувствительностью к действию изучаемого фактора обладали нервные структуры собак.

Ключевые слова: Неионизирующие излучения, головной мозг, периферическая нервная система, нейроморфологические изменения.

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE NERVOUS SYSTEM CHRONIC EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

I.B. Ushakov[1], V.P. Fyodorov[2], A.N. Astashova[3]
[1]Russian State Research Center − Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia; [2]Voronezh State Institute of Physical Culture, Voronezh, Russia;[3] Military educational scientific center air force "air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky And Y. A. Gagarin", Voronezh, Russia.

Summary. In experiments on mice, rats and dogs subjected to prolonged electromagnetic radiation with PPE = 300 mW/cm^2, a wavelength of 12.6 cm and exposure at the level of "zero effect" the sensitivity of neural structures to electromagnetic radiation is characterized by species differences and is inversely dependent on the body weight: the most sensitive to chronic microwave irradiation of mice, more resistant structure of the nervous system of rats and the least sensitivity to the effect of the studied factor had the nerve structures dogs.

Key words: Non-ionizing radiation, brain, peripheral nervous system, neuromorphological changes.

Медико-биологические аспекты реакции организма на воздействие электромагнитных излучений обобщены в ряде обстоятельных монографиях [1, 2, 3, 4]. В тоже время морфофункциональные аспекты реакции различных структур периферической и центральной нервной системы при хроническом электромагнитном воздействии изучены недостаточно. В связи с этим нами проведен эксперимент на трех видах лабораторных животных, традиционно используемых в радиобиологических экспериментах: мыши, крысы и собаки.

Животных, подвергали 1-, 10-, 20-, 30-, 60- и 90- разовому микроволновому облучению в одно и тоже время суток один раз в день с ППЭ = 300 мВт/см^2, длина волны 12,6 см и экспозицией, с учетом функциональной зависимости между плотностью потока

энергии и длительностью микроволнового излучения на уровне «нулевого эффекта», т.е. 52 с для мышей, 2 мин для крыс и 3 мин для собак. При этих режимах облучения никакие функциональные отклонения у животных не выявлены. Объектом исследования служили различные образования центральной (лобная кора, таламус, кора и ядра мозжечка, ядра тройничного и блуждающего нервов продолговатого мозга) и периферической (нейроны гассерова узла, нервные проводники плечевого сплетения, седалищного нерва, нервный аппарат капсулы коленного сустава, четырехглавой мышцы и кожи бедра) нервной системы. Материал забирали через 72 часа после последнего воздействия и обрабатывали стандартными гистологическими, гистохимическими, биометрическими и электронномикроскопическими методиками с последующей статистической обработкой полученных результатов. Алгоритм проведения эксперимента, забора, обработки и анализа результатов достаточно подробно представлен в монографии [5].

Проведенные исследования показали, что хроническое микроволновое облучение исследуемых параметров вызывает комплекс неспецифических реактивных и деструктивных изменений со стороны исследуемых структур нервной системы мышей, крыс и собак. С увеличением количества воздействий нейроморфологические изменения становятся более полиморфными [5]. При этом значительная их часть не имеет значимых изменений. Большинство изменений, как правило, обратимы, носят волнообразный характер и имеют наибольшую выраженность у мышей после 30 и 90, а у крыс после 60 воздействий. Примечательно, что активность ядер нейронов во всех случаях была снижена [5, 6]. Установлена различная чувствительность структур нервной системы к микроволновому воздействию. Так, в периферических нервных образованиях более выражены изменения в осевых цилиндрах нервных волокон большого диаметра (3 – 7 мкм и более) а также в претерминальных отделах рецепторов кожи и суставных капсул. В центральной нервной системе наибольшие изменения отмечены в нейронах коры больших полушарий и таламуса. На ультраструктурном и гистохимической уровнях более высокая чувствительность выявляется со стороны структур межнейрональной интеграции, белоксинтезирующей и энергетической систем нервных клеток [7]. При этом во всех изученных структурах центральной и периферической нервной системы при хроническом воздействии микроволнами кроме функциональных и деструктивных изменений выявлены компенсаторно-приспособительные реакции, свидетельствующие о высокой устойчивости нейронов к воздействующему фактору. Так целый ряд нервных клеток имеет повышенное содержание тигроида, нуклеиновых кислот и белка. На субклеточном уровне такие клетки характеризуются обилием ультраструктур белоксинтезирующего, гидролитического, биоэнергетического и специализированного профилей. Ядрышко обычно увеличивается в объеме и смещается к кариолемме и нередко наблюдается выход из него рибонуклеопротеидов в виде осмиофильной дорожки. Кариолемма имеет неровный волнистый контур, что увеличивает площадь контакта ядра с цитоплазмой и тем самым облегчает обменные процессы между ними. Кроме этого, кариолемма является и источником формирования цитоплазматической сети из выпячивания наружной мембраны ядерной оболочки в цитоплазму с переходом в цитоплазматическую сеть. Последняя может разветвляться и содержать большое количество рибосом. В ряде нейронов отмечается повышенное образование лизосом, что способствует быстрой локализации и аутолизу продуктов распада клеточных структур, а протекающие одновременно восстановительные процессы предотвращают гибель нейронов при высокой активности белоксинтезирующей и биоэнергетической систем. В этих условиях лизосомальную реакцию в нервных клетках можно отнести к реакции компенсаторно-приспособительного характера, направленную на сохранение внутриклеточного постоянства. Целый ряд компенсаторно-приспособительных

проявлений выявляется также в биоэнергетической (митохондрии) и специализированной (синапсы, шипики, нейрофиламенты и т.д.) системах нейронов. Деструктивные и компенсаторные процессы могут выявляться одновременно как в разных нервных клетках, так и в одном нейроне. Вероятно, поэтому в восстановительном периоде изменения касаются лишь определенной части клеточной популяции, а основная же масса нейронов во всех экспериментальных группах не имеет каких-либо значимых структурно-функциональных изменений.

В целом чувствительность структур как периферической, так и центральной нервной системы экспериментальных животных к пролонгированному электромагнитному облучению характеризуется видовыми отличиями и находится в обратной зависимости от массы тела животного. Так наибольшей чувствительностью к хроническому микроволновому облучению отличается нервная система мышей, более резистентные структуры нервной системы крыс и наименьшей чувствительностью к действию изучаемого фактора обладали нервные структуры собак.

Список литературы

1.Антипов В.В., Давыдов Б.И., Тихончук В.С. Биологическое действие электромагнитных излучений микроволнового диапазона. М.: Наука, 1980. Т. 40. 221 с.

2.Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г. ЭМП сотовых телефонов как возможный канцероген – к оценке риска воздействия // Бюллетень медицинских Интернет - конференций (ISSN-6150). 2012. Т.2. №6. С.461-472.

3.Давыдов Б.И., Тихончук В.С., Антипов В.В. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М: Энергоатомиздат,1984.176с

4.Зуев В.Г., Ушаков И.Б. Экспериментальное изучение эффектов острого неравномерного микроволнового облучения // Медицинская радиология. 1984. Т.29. №12. С. 46–49

5.Ушаков И.Б., Федоров В.П., Зуев В.Г., Саурина О.С. Нейроморфологические эффекты электромагнитных излучений. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2007. 287 с.

6.Ушаков И.Б., Федоров В.П. Церебральные эффекты хронических электромагнитных излучений // Человек и электромагнитные поля: Сборник докладов V Международной конференции. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2017. С. 37-46.

7.Федоров В. П., Зуев В. Г. Состояние синапсов коры головного мозга крыс при неравномерном микроволновом облучении // Механизмы биологического действия электромагнитных излучений. Пущино, 27 – 31 октября 1987 г.: тез. докл. симпоз. Пущино, 1987. С. 91 – 92.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ МОДУЛИРОВАННЫХ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТОЙ 2,4 ГГц НА МОДЕЛИ ЛОКОМОЦИИ ФИБРОБЛАСТОВ В КУЛЬТУРЕ

Р.И. Аль-Шехадат, Е.В. Мухачёв, В.Н. Носов, И.А. Габай, А.В. Пекин
Общество с ограниченной ответственностью «Иннова плюс»,
Санкт-Петербург, Россия, ceo@innovaplus.ru

На модели локомоции фибробластов человека оценено биотропное действие ЭМИ с частотными и энергетическими характеристиками сигнала «Wi-Fi» на параметры динамической нестабильности сборки-разборки белков-тубулинов. Показано подавление двигательной активности клеток через 9 часов после окончания 7-ми часовой экспозиции ЭМИ с несущей частотой 2,4 ГГц и частотой модуляции 1,0 МГц, что говорит о возможных эффектах изучаемого излучения на организм человека на уровне белок-белковых взаимодействий.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, локомоция клеток, фибробласты, голографическая микроскопия, Wi-Fi.

EXPERIMENTAL STUDY OF BIOTROPIC EFFECT OF LOW FREQUENCY MODULATED ELECTROMAGNETIC 2,4 GHz FIELDS ON FIBROBLAST CULTURE MODEL

R.I. Al-Shekhadat, E.V. Mukhachev, V.N. Nosov, I.A. Gabay, A.V. Pekin
Limited liability company «Innova plus»,
Saint-Petersburg, Russia, ceo@innovaplus.ru

On the human fibroblasts locomotion model a study of the biotropic effect of low frequency modulated electromagnetic field (Wi-Fi like) was performed. The subjects of study were the parameters of dynamic folding/unfolding of tubulin proteins. It was shown that the factor (2,4GHz EMR with 1MHz frequency modulation) inhibit motion activity of cells in 9h after the end of the 7h exposure, what indicate possible effects of studied EMR on the human body at the level of protein-protein interactions.

Key words: electromagnetic irradiation, cell locomotion, fibroblasts, holographic microscopy, Wi-Fi.

Актуальность

В исследованиях по оценке нетепловых эффектов электромагнитного излучения (ЭМИ) на биологические системы было установлено, что частоты от 0,1 до 10 МГц вызывают стимуляцию образования тубулиновых микротрубочек в искусственных условиях [1]. Данный частотный диапазон является относительно редким в бытовых условиях. Вместе с тем, ранее нами был показан выраженный биотропный эффект действия ЭМИ аппаратуры, функционирующей по протоколу iEEE 802.11 «Wi-Fi» [2] на модельных клеточных тест-системах, поэтому актуальным сегодня является вопрос возможности получения выраженного биологического эффекта *in vivo* с использованием электромагнитного излучения с частотными и энергетическими характеристиками сигнала протокола «Wi-Fi» [3]. Для решения этой задачи было проведено исследование на фибробластах человека с

использованием в качестве действующего фактора модулированного излучения с несущей частотой 2,4 ГГц и частотой модуляции 1 МГц.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была использована культура клеток фибробластов человека, электромагнитная чувствительность которых показана в ряде работ [2].

Экспериментальную экспозицию проводили в течение 7-ми часов с использованием генератора низкоинтенсивного (площадь потока энергии менее 1 мВт/см2) электромагнитного излучения с несущей частотой 2,4 ГГц и частотной модуляцией 1 МГц на основе программно-определяемой радиосистемы.

Оценка локомоции фибробластов проводилась с использованием технологии голографической микроскопии [4] на цифровом голографическом микроскопе «Holomonitor» по трём позициям считывания каждые 10 минут в течение 24 часов.

Оцениваемым параметром являлась длина пройденного клеткой пути после окончания экспериментальной экспозиции. Графическая и количественная обработка данных осуществлялась с использованием программного обеспечения «Hstudio M4».

Результаты

В результате проведенной оценки нетеплового действия ЭМИ с указанными параметрами показано достоверное снижение средней протяженности пути миграции популяции клеток экспериментальной группы по сравнению с контролем начиная с девяти часов после окончания экспозиции. С 9-го по 15-й часы наблюдений снижение оцениваемого параметра составило от 26 до 44 %, соответственно.

Показанный эффект наблюдался на снимках, полученных с помощью голографического микроскопа и демонстрирующих динамику перемещений отдельных клеток. Треки отдельных фибробластов накладывали на одну шкалу с совмещением начала пути для опытной и контрольных групп.

Обсуждение

В ходе проведенных исследований показано, что ЭМИ с частотой 2,4 ГГц и частотной модуляцией 1 МГц обладает значительной биотропностью в части нетеплового действия на локомоцию фибробластов по типу ингибирования. Полученный результат свидетельствует о том, что с использованием частотной модуляции несущего сигнала, в качестве которого использовалась распространенная частота в 2,4 ГГц можно получить резонансные эффекты, проявляющихся на меньших частотах, таких как 1 МГц.

Более того, эффект увеличения длины микротрубочек описанный в работе [1] для частоты 1 МГц, проявляется in vivo в ингибировании локомоции, что является, по-видимому, следствием снижения динамики процессов сборки-разборки тубулиновых микротрубочек – одного из основных процессов, приводящих к движению клетки.

Выводы

Наблюдаемый в данном исследовании ингибирующий эффект является подтверждением потенциального риска для здоровья ЭМИ УВЧ, в целом, и аппаратуры «Wi-fi», в частности [5].

Список литературы

1. Sahu S. Live visualizations of single isolated tubulin protein self-assembly via tunneling current: effect of electromagnetic pumping during spontaneous growth of microtubule / S. Satyajit, S. Ghosh, D. Fujita, A. Bandyopadhyay // Scientific reports. – 2014. – Vol. 4, № 7303, – P. 1-9.

2. Мухачев Е.В. Методы биотестирования экологического эффекта электромагнитного излучения в зоне рабочего места пользователя ПЭВМ: Автореферат диссертации на

соискание учёной степени канд. биол. наук. / Мухачёв Евгений Владимирович - СПб., 2013. - 19 с.

3. Funk R.H. Effects of electromagnetic fields on cells: Physiogical and therapeutical approaches and molecular mechanisms of interaction. A review / R.H. Funk, T.K. Monsees // Cells Tiss. Org. - 2006. - Vol. 182, - P. 59-78.

4. Persson H. Fibroblasts cultured on nanowires exhibit low motility, impared cell division, and DNA damage / H. Persson, C. Kobler, K. Molhave et. al. // Small. - 2013. – Vol. 1, - P. 20-27.

5. Pall M.L. Wi-fi is an important treat to human health / M.L. Pall // Env. Res. - 2018. - Vol. 164, - P. 405-416.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАГРУЗКА, СВЯЗАННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА МЛАДШИМИ ШКОЛЬНИКАМИ, И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ИХ САМОЧУВСТВИЕ И БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МОЗГА

Вятлева О.А., Курганский А.М.
НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков
ФГАУ "НМИЦ здоровья детей" МЗ РФ, Москва, Россия
olgavyat@mail.ru

Отсутствие данных об электромагнитной нагрузке (ЭМН), связанной с использованием мобильного телефона (МТ), и об ее влиянии на здоровье и биоэлектрическую активность мозга детей моложе 10 лет определило актуальность, новизну и цель настоящего исследования. В одномоментном исследовании 125 детей 8,57±0,75 лет, использующих МТ 1,61±0,94 лет, с помощью анализа данных, полученных при измерении плотности потока энергии их МТ, была разработана формула для расчета ЭМН, определены значения ЭМН и ее статистические параметры. Корреляционный анализ и межгрупповое сравнение детей с нормальным неврологическим анамнезом по частоте жалоб на здоровье (80 человек) и спектральным параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ) покоя (62 человека) в зависимости от ЭМН показали, что увеличение ЭМН связано с увеличением частоты головокружений и повышением абсолютной мощности бета2-диапазона в ЭЭГ лобно-центральной зоны преимущественно правого полушария. Риск головокружения возрастает при ЭМН >13,05 мДж/см² (OR=5,25; CI 95% 1,33-10,05). Выявлены особенности изменения ЭЭГ в зависимости от уровня ЭМН: усиление бета2- и альфа-волн при среднем уровне (от 1,13 до 46,3 мДж/см²) и локальное правополушарное усиление бета2-волн при высоком (>46,3 мДж/см²), которые по-видимому, отражают разную степень адаптации мозга к хроническому воздействию излучения МТ.
Ключевые слова: дети, мобильные телефоны, здоровье, ЭЭГ

ELECTROMAGNETIC LOAD ASSOCIATED WITH THE MOBILE PHONE USE IN YOUNGER STUDENTS, AND ITS IMPACT ON THEIR WELL-BEING AND BRAIN BIOELECTRIC ACTIVITY

Vyatleva O.A., Kurgansky A.M.
Research Institute of Hygiene and Health Protection of Children and Adolescents
National Medical Research Center for Children's Health of the Russian Federation Ministry of Health, Russia, Moscow
olgavyat@mail.ru

The lack of data on the electromagnetic load (EML) associated with the use of mobile phone (MP) and its impact on the health and electroencephalogram (EEG) of children younger 10 have determined the relevance, novelty and the purpose of present study. In a cross-sectional study of 125 children 8.57 ± 0.75 years old, which had used MP for 1.61±0.94 years, with the help of analysis of measuring data of their MPs energy flux density a formula was developed for calculating EML, and the values of EML and its statistical parameters were determined. Correlation analysis and intergroup comparison of children with normal neurological history by the frequency of health symptoms (80 people) and by spectral parameters of resting EEG (62 people) depending on EML showed, that an enlargement in EML is associated with an increase of dizziness rate, as well as with

a rise in the absolute power of the beta2-range in the EEG of the frontal-central area of the predominantly right hemisphere. The risk of dizziness appearance is increased when EML>13.05 mJ/cm² (OR=5.25; CI 95% 1.33-10.05). Peculiarities of EEG changes depending on the level of EML were revealed: beta2 and alpha waves amplification for middle level (from 1.13 to 46.3 mJ/cm²) and local beta2-waves amplification in right hemisphere for high level (>46.3 mJ/cm²), which seem to reflect the varying degrees of brain adaptation to the chronic impact of MP radiation.
Key words: children, mobile phones, health, EEG

Актуальность. Абсолютное большинство современных младших школьников постоянно пользуются мобильными телефонами (МТ), причем в силу морфофизиологических особенностей и высоких темпов развития физиологических систем дети этого возраста наиболее уязвимы для электромагнитного излучения (ЭМИ). По данным литературы частое и длительное использование МТ сопряжено у детей и подростков с нарастанием частоты жалоб на самочувствие, но из-за отсутствия дозиметрии результаты большинства работ трудно сопоставимы. Возможным решением проблемы сопоставимости данных может быть использование интегрального показателя воздействия ЭМИ - электромагнитной нагрузки (ЭМН), однако попытки оценить ЭМН единичны [1]. Одним из объективных методов оценки воздействия ЭМИ МТ на головной мозг служит электроэнцефалография (ЭЭГ). ЭЭГ-исследования при остром воздействии ЭМИ МТ у детей до 10 лет крайне малочисленны [2], а при хроническом воздействии – отсутствуют. Все это определило актуальность и новизну настоящего исследования.

Цель исследования состояла в разработке формулы и определении уровня ежедневной электромагнитной нагрузки, связанной с использованием МТ у младших школьников, а также в оценке ее влияния на их самочувствие и электроэнцефалограмму.

Методы. С помощью прибора ПЗ-33М у 125 детей (8,57±0,75 лет) измерена плотность потока энергии (ППЭ) ЭМИ МТ, а также проведена выборочная видеорегистрация измерения ППЭ во время звонка. С помощью опроса детей и родителей определены режимы пользования МТ, данные неврологического анамнеза, а также частота жалоб на здоровье (головные боли, нарушения сна, головокружения, состояния утомления, тревоги, нарушения внимания и памяти, количество простудных заболеваний за год). Разработана формула для оценки ежедневной ЭМН, рассчитаны ее значения. У 80 детей с нормальным неврологическим анамнезом определена зависимость между уровнем ЭМН и показателями здоровья, выявлены уровни ЭМН, сопряженные с рисками для здоровья. У 62 детей из этих 80-ти определено соотношение ЭМН с показателями абсолютной мощности (АМ) дельта (1-3 Гц), тета (4-7 Гц), альфа (8-12 Гц), бета1 (13-20 Гц) и бета2 (21-30 Гц) диапазонов в 16 отведениях ЭЭГ покоя с закрытыми глазами, зарегистрированной на нейрокартографе «Нейро-КМ». Для анализа данных использована программа STATISTICA. Родители всех детей дали информированное согласие на проведение исследования.

Результаты. На основании анализа видеозаписей показаний прибора ПЗ-33М, а также измерения ППЭ 125 МТ были определены ключевые значения ППЭ для оценки ЭМН: максимальная ППЭ при начале дозвона до абонента (ППЭмакс) и средняя ППЭ (ППЭср) во время дозвона и разговора. Входящие и исходящие звонки значимо не различались по ППЭмакс и ППЭср. Для приблизительной оценки ежедневной ЭМН была разработана формула:

ЭМН=(ППЭмакс*КР*1/60+ППЭср*ДР*КР)*60/1000 (мДж/см²),

где КР – ежедневное количество разговоров, а ДР – длительность разговора в минутах.

Статистический анализ рассчитанных значений ЭМН показал, что этот параметр не имеет нормального распределения. ЭМН варьировала от 0 до 984,1 мДж/см² [Me=13,05;

LQ=1,13, UQ=46,31]. По значениям нижнего и верхнего квартилей (LQ, UQ) статистического распределения ЭМН были сформированы группы сравнения: 1 гр. – дети с ЭМН<LQ; 2 гр. – дети с LQ<ЭМН<UQ; 3гр – дети с ЭМН>UQ. Общая длительность пользования МТ составила 1,61±0,94 лет.

Согласно данным корреляционного анализа увеличение ЭМН сопряжено у детей с повышением частоты головокружений (r 0,34, p=0,003). Доля детей с головокружениями значимо возрастала во 2 гр. по сравнению с 1 гр. (28 и 0%, соответственно, p=0,006) и, особенно, в 3 гр. по сравнению с 1 гр. (40 и 0%, p=0,001). Риск появления головокружений возрастал, когда ЭМН превышала значения Me (OR=5,25; CI 95% 1,33-10,05) и UQ (OR=3,48; CI 95% 1,16-5,36).

Корреляционный анализ выявил положительную связь между ЭМН и АМ бета2 диапазона ЭЭГ (r от 0,30 до 0,33; p≤0,047) в лобно-центральном отделе, а также в переднелобной и нижнелобной зонах правого полушария (ППШ), со стороны которого используют МТ для разговоров большинство (72,6 %) детей. В сравнении с 1 гр. во 2 гр. бета2-волны были усилены диффузно (не только в передних, но и в задних зонах) с преобладанием в ППШ (p≤0,042), а в 3 гр. – более локально: только в лобно-центральной зоне ППШ (p≤0,028). Кроме того, во 2 гр. по сравнению с 1 гр. была повышена АМ альфа-волн в лобно-центрально-теменном отделе (p≤0,049).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение ЭМН сопряжено с риском появления головокружений и усилением активации и раздражения коры (усиление бета2-волн). Особенности ЭЭГ, связанные с разными уровнями ЭМН, а именно: признаки активации диэнцефальных структур (усиление альфа-волн) при средней ЭМН и локальное раздражение передних зон коры правого полушария при высокой ЭМН, по-видимому, отражают разную степень адаптации мозга к хроническому воздействию ЭМИ. Подобное усиление активности диэнцефальных структур отмечено в ЭЭГ взрослых в начальный период использования МТ [3], а также у ликвидаторов аварии на ЧАЭС с легкими проявлениями радиационно-обусловленного психоорганического процесса [4].

Список литературы

1.Foerster M., Thielens A., Joseph W., Eeftens M. and Röösli M. Prospective Cohort Study of Adolescents' Memory Performance and Individual Brain Dose of Microwave Radiation from Wireless Communication. Environmental Health Perspectives 2018. 126 (7):077007-1 – 077007-13/ https://doi.org/10.1289/EHP2427

2.Вятлева О.А., Текшева Л.М., Курганский А.М. Физиолого-гигиеническая оценка влияния мобильных телефонов различной интенсивности излучения на функциональное состояние головного мозга детей и подростков методом энцефалографии. Гигиена и санитария. 2016. 95 (10): 965-968.

3.Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Динамика ЭЭГ-реакций человека при воздействии электромагнитного поля мобильного телефона в начальный период его использования //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2004. 8-9: 4-10.

4.Вятлева О.А., Катаргина Т.А., Пучинская Л.М., Юркин М.М. Электрофизиологическая характеристика функционального состояния мозга при психических расстройствах у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Журн. Неврол. и психиатр. 1996. 3: 41-46.

РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

Н.В. Чуешова

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель, Беларусь, e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Резюме. Проведен цикл исследований на белых крысах линии Вистар (общее количество животных – 2000) с целью комплексной оценки морфофункциональных изменений в репродуктивной системе, в условиях воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения от мобильного телефона (897, 1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см^2) на различных этапах постнатального и антенатального развития. Полученные данные свидетельствуют об угнетении генеративной функции, что дает основание полагать о влиянии данного фактора на снижение мужской фертильности.

Ключевые слова. Электромагнитное излучение, мобильный телефон, крысы самцы, репродуктивная система, сперматогенез, рождаемость, поколения.

REPRODUCTIVE SYSTEM AS A CRITERION FOR ASSESSING THE DANGERS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM A MOBILE PHONE

N.V. Chueshova

Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus, e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Abstract. A series of studies was carried out using approximately 2,000 white Wistar rats to comprehensively assess morphofunctional changes in the male reproductive system under the influence of low-intensity electromagnetic radiation from a mobile phone (897, 1745 MHz, power density 0,2–20 μW/cm^2) at various stages of postnatal and antenatal development. The obtained data indicate inhibition of the generative function, which gives reason to believe that this factor affects the decrease in male fertility.

Keywords. Electromagnetic radiation, mobile phone, male rats, reproductive system, spermatogenesis, fertility, generations

Актуальность. Теоретической предпосылкой для проведения наших исследований явилось наблюдаемое ухудшение репродуктивного здоровья современного мужчины. Согласно отчетам ВОЗ, каждая седьмая супружеская пара является бесплодной, и у 40-50% пар бесплодие связано с «мужским фактором», проявляющимся отклонениями в параметрах эякулята. Поиск причин, приводящих к мужской инфертильности является одной из основных задач ученых. Известно негативное влияние на процесс сперматогенеза таких факторов как стресс, курение, ионизирующая радиация и химические вещества.

Изучение состояния репродуктивной системы имеет определяющее значение для оценки влияния электромагнитных полей радиочастот на организм, поскольку данная система находится под непосредственным контролем нейроэндокринной регуляции и ее неспецифическая реакция сигнализирует о нарушении гомеостаза всего организма. Комплексная оценка морфофункционального состояния мужской репродуктивной системы при воздействии ЭМИ от МТ актуальна и имеет не только важное прикладное значение для биологии и медицины при ранней диагностике патологий, но и полученные результаты позволят обобщить имеющиеся у разных ученых кардинально различающихся точек зрения на механизм его действия и вытекающих от сюда различий в санитарно-гигиенических безопасных уровнях воздействия, рекомендованных в разных странах.

Целью настоящей работы – комплексная оценка морфофункциональных изменений в репродуктивной системе (РС) крыс-самцов, подвергнутых влиянию электромагнитного излучения от мобильного телефона (ЭМИ от МТ 900, 1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см^2) различной продолжительности воздействия и в поколении.

Материалы и методы. Исследования in vivo выполнены на белых крысах самцах и самках (общей численностью, примерно, 2000 животных) в соответствии с целями и задачами выполняемых работ в рамках тем Государственных программ научных исследований (ГПНИ) на 2011-2020 гг.

Принимая во внимание тот факт, что репродуктивная система претерпевает значительные изменения с момента рождения животного и до состояния его половой зрелости, в первой серии экспериментов животных, начиная с 50-52 дневного возраста и до достижения ими возраста 140-142 дня, подвергали воздействию ЭМИ от МТ на частотах 897 и 1745 МГц. Комплексный анализ состояния РС самцов крыс проводили на 1 и 30 сутки после прекращения воздействия ЭМИ от МТ на протяжении 1, 7, 30, 60 и 90 суток.

Вторая серия экспериментов была посвящена изучению хронического влияния ЭМИ от МТ на рождаемость и морфофункциональное состояние РС крыс-самцов в поколении F_1 в условиях воздействия ЭМИ от МТ на частоте 897 МГц, и трех поколений (F_1-F_3), подвергавшихся экспозиции в ЭМП от МТ на частоте 1745 МГц.

Третьим этапом наших исследований явилось изучение последствий воздействия ЭМИ от МТ (1745 МГц) на морфофункциональное состояние РС потомства крыс-самцов в возрасте 2-ва и 4-ре месяца, рожденных от родителей, один из которых или оба были подвергнуты воздействию исследуемого фактора на протяжение трех месяцев их постнатального развития начиная с возраста 50-52 дня.

Каждой экспериментальной группе (n=6-8) соответствовал контроль (n=6-8) – животные аналогичного возраста. В сыворотке крови определяли содержание тестостерона и кортикостерона. В ткани гипоталамуса проводили анализ нейромедиаторов. В клеточной суспензии, полученной из тестикулярной ткани, проводили количественный анализ различных типов сперматогенных клеток методом проточной цитометрии. Проводили подсчет количества эпидидимальных сперматозоидов их жизнеспособности и число апоптотических форм.

Источником ЭМИ являлся МТ распространенной марки, подключенный к компьютеру с сервисной программой WinTesla как описано в [1-5]. Плотность потока электромагнитной энергии измерялась прибором ПЗ-41 и находилась в пределах 0,2−20,0 мкВт/см^2, (в зависимости от удаленности от антенны МТ), составляя в среднем – 7,5±0,3 мкВт/см^2.

Результаты и их обсуждение. При анализе полученных данных мы пришли к заключению, что характер выявленных морфофункциональных изменений в репродуктивной системе крыс-самцов, подвергнутых воздействию низкоинтенсивного ЭМИ от МТ в значительной мере, зависит от длительности экспозиции и возраста животных.

Так, воздействие ЭМИ от МТ на организм крыс-самцов в период их полового созревания приводит к наиболее значительным изменениям в развивающейся репродуктивной системе, характеризующиеся увеличением массы эпидидимисов и семенных пузырьков, развитием изменений в процессе сперматогенеза, проявляющиеся угнетением пролиферативной активности (снижение количества сперматогоний) и активацией дифференцировки клеток сперматогенного эпителия – сперматид, сопровождаемое значительным увеличением количества эпидидимальных сперматозоидов (раннее половое созревание), при снижении их жизнеспособности на фоне снижения концентрации тестостерона в сыворотке крови.

Установлено нарушение процессов синтеза стероидных гормонов, а также некоторых нейромедиаторов, которое можно объяснить чувствительностью рецепторов гипоталамо-гипофизарно-тестикулярной оси при длительном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ от МТ.

Хроническое воздействие ЭМИ от МТ (ежедневно, 8 час/день) на организм крыс-самцов и самок в период их постнатального и антенатального периода, на протяжение трех поколений, приводит к падению рождаемости животных и изменению соотношения полов в сторону увеличения доли самцов. У крыс-самцов полученного потомства F_{1-3} в возрасте 2, 4 и 6 месяца выявлены изменения в состоянии репродуктивной системы, наиболее значительные в возрасте 2-ва месяца.

Нами получены уникальные данные, которые характеризуют ЭМИ от МТ как фактор способный вызывать отдаленные (трансгенерационные) изменения в морфофункциональном состоянии репродуктивной системы поколения крыс-самцов, рожденных от родителей, подвергавшиеся воздействию исследуемого фактора на протяжение их постнатального развития. Данные изменения проявляются в нарушении нормального функционирования сперматогенного эпителия, а именно имело место интенсификация начального этапа сперматогенеза при значительном его угнетении на стадии трансформации сперматид. Установлено снижение количества зрелых половых клеток – сперматозоидов и выраженное ухудшение их жизнеспособности, а также усиление секреции тестостерона.

Выводы. Комплекс выявленных нарушений в морфофункциональном состоянии репродуктивной системы крыс-самцов свидетельствует об угнетении ее функции в условиях воздействия низкоинтенсивного ЭМИ от МТ, что может быть фактором, влияющим на снижение мужской фертильности.

Список литературы

1. Верещако Г.Г. Состояние репродуктивной системы крыс-самцов первого поколения, полученных от облученных родителей и подвергнутых воздействию ЭМИ (897 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития / Г.Г. Верещако, Н.В. Чуешова, Г.А. Горох, А.Д. Наумов // Радиац. биология. Радиоэкология. – 2014. – Т. 54, № 2. – С. 186–192.

2. Верещако Г.Г. Реакция органов репродуктивной системы и эпидидимальных сперматозоидов крыс на электромагнитное излучение от мобильного телефона (1800 МГц) различной продолжительности / Г.Г. Верещако, Н.В. Чуешова // Радиац. биология. Радиоэкология. – 2017. – Т. 57. – № 1. – С.71–76.

3. Григорьев Ю.Г. Состояние репродуктивной системы крыс-самцов в ряду поколений, полученных от облученных родителей и подвергнутых электромагнитному воздействию от мобильного телефона (1745 МГц) / Ю.Г. Григорьев, Н.В. Чуешова, Г.Г. Верещако // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 63, № 5(63). – С. 33–40.

4. Чуешова Н.В. Последствия длительного воздействия электромагнитного излучения частоты мобильного телефона (1745 МГц) на морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов и их потомство / Н.В. Чуешова, Ф.И. Висмонт // Доклады нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 2. – С. 198–203

5. Чуешова Н.В. Влияние электромагнитного излучения от мобильного телефона (1745 МГц) на состояние репродуктивной системы крыс-самцов в период их постнатального развития / Н.В. Чуешова, Ф.И. Висмонт, И.А. Чешик // Вес. нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 216–225.

ЭФФЕКТЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1745 МГц) НА ОРГАНИЗМ КРЫС-САМЦОВ

Н.В. Чуешова, Р.И. Новиков, А.Е. Козлов, Е.А. Шубенок
Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,
г. Гомель, Беларусь, e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Резюме. Проведен анализ состояния иммунного, эндокринного, антиоксидантного статусов и морфофункционального состояния репродуктивной системы самцов крыс Вистар, подвергнутых воздействию ЭМИ от МТ (1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см^2, 90 дней). Выявленная лейкопения, изменение синтеза стероидных гормонов, выраженная интенсификация процессов эндогенного окисления в организме, угнетение завершающих этапов сперматогенеза и снижение качества зрелых половых клеток свидетельствуют о высокой биологической активности изучаемого фактора.

Ключевые слова. Электромагнитное излучение, мобильный телефон, лейкоциты, кортикостерон, тестостерон, сперматогенные клетки, сперматозоиды.

EFFECTS OF LONG-TERM EXPOSURE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM A MOBILE PHONE (1745 MHz) ON THE RAT-MALES BODY

Н.В. Чуешова, Р.И. Новиков, А.Е. Козлов, Е.В. Шубенок
Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel,
Republic of Belarus, e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Abstract. The analysis of the state of the immune, endocrine and antioxidant statuses, as well as the morphofunctional state of the reproductive system of male Wistar rats exposed to EMR from MT (1745 MHz, power density 0,2–20 μW/cm^2, for 90 days). Revealed leukopenia, a change in the synthesis of steroid hormones, a pronounced intensification of endogenous oxidation processes in the body, inhibition of the final stages of spermatogenesis and a decrease in the quality of mature germ cells indicate a high biological activity of the studied factor.

Keywords. Electromagnetic radiation, mobile phone, white blood cells, corticosterone, testosterone, spermatogenic cells, spermatozoa.

Актуальность. В связи с глобальным изменением электромагнитной обстановки на Земле, существенный вклад в которую вносит беспрецедентный и неконтролируемый рост массового внедрения беспроводной радиосвязи, как источника электромагнитного излучения (ЭМИ), актуальным является вопрос о влиянии данного фактора на здоровье людей [1]. Несмотря на низкую интенсивность этого вида ЭМИ, воздействие которого носит нетепловой характер, оно обладает высокой биологической активностью и важно исследовать, понимать и отслеживать любые неблагоприятные последствия [2].

Целью настоящего исследования явилось изучение последствий длительного воздействия электромагнитного излучения от мобильного телефона (ЭМИ МТ 1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см^2, общее количество дней облучения - 90) на иммунный, эндокринный, антиоксидантный статусы и состояние репродуктивной системы самцов крыс.

Материалы и методы. Исследования проведены на белых крысах-самцах линии Вистар, массой 158,1±3,7 г и возрастом 50-52 дня на начало эксперимента. Все животные

(n=24) были разделены на две группы 1. Контроль (n=12); 2. Животные (n=12), подвергнутые воздействию ЭМИ от МТ на протяжении 90 суток. Анализ состояния крови и репродуктивной системы крыс-самцов проводили на 1-е сутки после прекращения воздействия ЭМИ от МТ.

Все животные содержались в одинаковых стандартных условиях вивария Государственного научного учреждения «Института радиобиологии НАН Беларуси» установленными согласно "Стандартным правилам по упорядочению, оборудованию и содержанию экспериментальных биологических клиник (вивариев)".

По окончании облучения самцов декапитировали, собирали кровь, в которой подсчитывали количество лейкоцитов и лейкоцитарных субъединиц (лимфоциты, моноциты, гранулоциты) на гемоанализаторе Celltac MEK-63-18 J/K (Япония). В сыворотке крови измеряли содержание тестостерона методом иммуноферментного анализа (ООО «Хема-Медика», РФ), удельную концентрацию восстановленного глутатиона и активность глутатионпероксидазы определяли флуоресцентным методом. Измерения интенсивности флуоресценции выполнены на микропланшетном ридере Tecan Infinite M200 (Tecan Ltd., Swiss) с использованием 96-луночных микропланшетов (Greiner Bio-One). Содержание кортикостерона в сыворотке крови определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (Agilent 1100). В клеточной суспензии, полученной из тестикулярной ткани, проводили подсчет различных типов сперматогенных клеток методом проточной цитометрии как описано в [2]. Из эпидидимиса выделяли сперматозоиды, количество которых подсчитывали, определяли их жизнеспособность и число апоптотических форм [3].

Источником ЭМИ был МТ распространенной марки, подключенный к компьютеру с сервисной программой WinTesla, позволяющей управлять его работой. Условия облучения животных: несущая частота 1745 МГц, 8 час/день, фракциями по 30 мин с интервалом в 5 мин, в режиме имитации разговора, т.е. излучение близкое по своим характеристикам к ЭМИ МТ воздействующему на пользователя стандарта GSM при разговоре. Телефон размещался в центральной части рабочей зоны (1×0,7 м), в которой находились 4 пластиковые клетки с животными. Плотность потока электромагнитной энергии в клетке измерялась прибором ПЗ-41 и находилась в пределах 0,2−20,0 мкВт/см^2, (в зависимости от удаленности от антенны МТ), составляя в среднем – 7,5±0,3 мкВт/см^2.

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами биологической статистики, используя пакеты программ Excel и GraphPad Prism 5. При сравнении двух независимых групп по количественному признаку использовали критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney test). Различия считали статистически значимыми при вероятности ошибки менее 5% ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. При анализе показателей белой крови крыс-самцов, подвергнутых длительному воздействию низкоинтенсивного ЭМИ от МТ было установлено статистически значимое снижение общего количества лейкоцитов на 13,2%, обусловленное по-видимому, падением числа таких лейкоцитарных субъединиц, как лимфоциты – на 32,7% ($p < 0,05$).

Учитывая участие свободнорадикальных процессов [4] в развитии изменений в системах организма при воздействии ЭМИ РЧ, целесообразным является изучение состояния антиоксидантной защитной системы. Нами проведен анализ некоторых показателей глутатионзависимой антиоксидантной системы крови, а именно содержания восстановленного глутатиона и активность глутатионпероксидазы в сыворотке крови. Полученные данные указывают на интенсификацию эндогенных процессов окисления в организме экспериментальных животных, что подтверждается данными о снижении

концентрации глутатиона на 23,4% (p <0,05), при повышенном содержании фермента глутатионпероксидазы на 40,4% (p <0,05).

Установлено нарушение процессов синтеза стероидных гормонов, а именно кортикостерона и тестостерона, которое можно обяснить чувствительностью рецепторов гипоталамо-гипофизарно-тестикулярной оси к воздействию низкоинтенсивного ЭМИ от МТ [6]. Так, падение концентрации кортикостерона в сыворотке крови на 68,1% (p <0,05), указывает на наступление третьей стадии стресса - истощения, а статистически значимое снижение секреции тестостерона на 52,2% (p <0,05) подтверждает раннее полученные данные [5] о чувствительности клеток Лейдига к ЭМИ.

Анализ состояния репродуктивной системы экспериментальных животных выявил значительные нарушения ее морфофункционального состояния. Установлено угнетение процесса сперматогенеза, оцениваемое снижением количества сперматид – на 11,6% (p <0,05), что сказалось на снижении продукции зрелых половых клеток – на 12,0% (p <0,05). Обнаружено значительное увеличение апоптотических форм сперматозоидов (на 38%, p <0,05), что является фактом, указывающим на активацию запрограммированной гибели клеток. Интересным представляется установленное падение жизнеспособности сперматозоидов (на 32,9%) у экспонированных животных, но данное снижение не носило статистически значимого характера.

Выводы. Таким образом, длительное воздействие ЭМИ от МТ (1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см^2, $\bar{x}_{ППЭ}$ = 7,5±0,3 мкВт/см^2, 8 часов/день, общее количество дней облучения - 90) на организм самцов крыс вызывает: уменьшение общего количества лейкоцитов, связанное с уменьшением лимфоцитов и повышенным уровнем гранулоцитов; изменение синтеза стероидных гормонов, обусловленное значительным снижением концентрации кортикостерона и тестостерона в сыворотке крови; интенсификацию процессов эндогенного окисления в организме; нарушение динамики процесса сперматогенеза при значительном снижении качества зрелых половых клеток, а именно уменьшение количества и жизнеспособности сперматозоидов, повышение их апоптотической активности.

Комплекс выявленных изменений в состоянии иммунной, эндокринной, антиоксидантной и репродуктивной системах крыс-самцов, свидетельствует об высокой биологической активности низкоинтенсивного ЭМИ от источников подвижной радиосвязи.

Список литературы

1. Grigoriev Y. Methodology of Standards Development for EMF RF in Russia and by International Commissions: Distinctions in Approaches / Y. Grigoriev // Dosimetry in Bioelectromagnetics. Edited by Marko Markov. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Frankis Group, 2017. – P. 315–337.

2. Чуешова Н.В. Последствия длительного воздействия электромагнитного излучения частоты мобильного телефона (1745 МГц) на морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов и их потомство / Н.В. Чуешова, Ф.И. Висмонт // Доклады нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 2. – С. 198–203.

3. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen - 5th ed. Geneva. WHO Press, 2010. – P. 26–28.

4. Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidase activities in human erythrocytes / Y.M. Moustafa [et al.] // Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. – 2001. – Vol. 26, №. 4. – P. 605–608.

5. 1950 MHz Radio Frequency Electromagnetic Radiation Inhibits Testosterone Secretion of Mouse Leydig Cells / Y.Y. Lin [et al.] // Int J Environ Res Publ Health. – 2018. – Vol. 15, №. 17. – P. 1–10.

6. Rasmussen D.D. The interaction between mediobasohypothalamic dopaminergic and endorphinergic neuronal systems as a key regulator of reproduction: an hypothesis / D.D. Rasmussen // Journal of endocrinological investigation. – 1991. – Vol. 14, №. 4. – P. 323–352.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ МЕТАБОЛИТОВ МОНООКСИДА АЗОТА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС

М.А. Бакшаева

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», г.Гомель, Республика Беларусь, m.bakshaeva@yandex.ru

Резюме. В публикации описаны изменения уровня стабильных метаболитов монооксида азота в сыворотке крови крыс, подвергнутых влиянию магнитного поля 50 Гц и электромагнитного излучения 900, 1750, 2450 МГц, на разные сроки после экспериментальных воздействий.

Ключевые слова. Магнитное поле, электромагнитное излучение, крысы, монооксид азота, кровь.

INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY AND ELECTROMAGNETIC RADIATION OF MOBILE COMMUNICATION ON THE CONCENTRATION OF METABOLITES OF NITROGEN MONITUM IN SERUM OF RAT BLOOD

M.A. Bakshayeva

State Scientific Institution "Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus", Gomel, Republic of Belarus, m.bakshaeva@yandex.ru

Abstract. The publication describes changes of the level of stable metabolites of nitrogen monoxide in the serum of rats at different times after the exposed to a magnetic field of 50 Hz and electromagnetic radiation 900, 1750, 2450 MHz.

Keywords. Magnetic field, electromagnetic radiation, rats, nitrogen monoxide, blood.

Актуальность. В окружающей среде во все ускоряющемся темпе происходит повышение электромагнитного фона, обусловленное развитием техногенной среды. Существенный вклад в электромагнитное загрязнение вносят как магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) (источниками их являются кабельные линии, трансформаторы, некоторые виды транспорта и пр.), так и излучения от мобильных устройств коммуникации.

При действии на организм различных стресс-факторов, в том числе и электромагнитных излучений, происходит активация продукции активных форм оксида азота. Монооксид азота является короткоживущим активным соединением, играет сигнальную и регуляторную роль (участвует в регуляции нейротрансмиссии, тромбоцитарной активности, сосудистого тонуса), проявляет антиоксидантные свойства, а при определенных условиях может становиться прооксидантом.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись крысы-самцы линии Wistar. Целью исследования было изучение эффектов электромагнитных излучений от разных источников на динамику изменения концентрации метаболитов монооксида азота в сыворотке крови экспериментальных животных. Исследовали влияние магнитного поля промышленной частоты (50 Гц, 0,4 мТ, 4 часа/день, 22 дня), излучения сотового телефона (900 МГц, 8 часов/день, 14 дней; 1750 МГц, 8 час/день, 30 дней), WI-FI (2400 МГц 8 час/ день, 30 дней). Так как монооксид азота является короткоживущей молекулой, то

количественному определению подлежали его стабильные метаболиты (нитраты и нитриты) по методике Метельской В.А.[1].

Животных содержали при естественном освещении в стандартных условиях вивария при свободном доступе к корму и воде. Контролем служили крысы-самцы аналогичного возраста, не подвергавшиеся действию электромагнитных излучений. Эксперименты проводились на основе принципов гуманного обращения с экспериментальными животными.

Статистическая обработка результатов осуществлялась при помощи программы «Prism 5». Для установления статистической значимости результатов использовали непараметрический тест Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. После окончания действия МП ПЧ 50 Гц в сыворотке крови экспериментальных животных на тридцатые сутки установлено статистически значимое снижение суммарной концентрации нитритов и нитратов на 23 %. В более ранние периоды после экспозиции как суммарное содержание нитратов и нитритов, так и отдельно нитритов находится в пределах статистической погрешности по отношению к уровню, характерному для контрольных животных.

При действии электромагнитного излучения 900 МГц забор материала проводили на 1, 7, 14, 21, 28 сутки после облучения и при этом отмечали в течение всего периода исследования волнообразные колебания $NO_3^-+NO_2^-$, начинающиеся с резкой тенденции к спаду. К 28 сут происходит подъем уровня метаболитов NO в сыворотке, превышающий контрольные значения на 50 %.

В 1 сут после 1 месяца экспозиции животных 1750 МГц в режиме имитации разговора установлено статистически значимое снижение на 25 % содержания метаболитов NO, к 30 сут выходящее на уровень контрольных значений.

При действии электромагнитного излучения от источника WI-FI (2450 МГц) на животных на 30 сут после 30 дней облучения было зафиксировано на 40 % достоверное снижение в сыворотке уровня $NO_3^-+NO_2^-$.

Таким образом, электромагнитные излучения провоцируют изменения в метаболизме монооксида азота. При этом магнитное поле промышленной частоты и электромагнитное излучение от источника WI-FI вызывает снижение суммарного уровня нитратов и нитритов в сыворотке через месяц после устранения воздействия, а электромагнитное излучение сотового телефона – на начальных сроках после отмены экспериментальных воздействий. Уровень метаболитов NO достигает контрольных значений или даже превышает их через месяц после экспозиции электромагнитным излучением от мобильного телефона.

Выводы. Учитывая роль NO для регуляции тонуса сосудов, а также вышеприведенные данные, можно сделать заключение о природе негативного влияния электромагнитных излучений и полей на сердечно-сосудистую систему: наряду с воздействием через нервную систему и нейро-гуморальные факторы на миокард может происходить и спровоцированное указанным фактором изменение микрорегуляторных факторов сосудистой системы.

Список литературы

1. Метельская В.А. Скрининг-метод определения уровня метаболитов оксида азота в сыворотке крови / В.А. Метельская, Н.Г. Гуманова // Клиническая лабораторная диагностика. – 2005.– № 6. – С. 15–18.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ В НЕЙРОЭКОНОМИКЕ

Р.Ф. Гимранов, Р.Р. Гимранов
Клиника восстановительной неврологии, ООО «Розмед»
Москва, Россия, E-mail: clivn@mail.ru

Резюме. Главная задача данной работы - изучение возможности использования транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) и нейроинтерфейсов для исследования различных процессов в нейроэкономике. Для этого в период с 2014 по 2019 годы проводили эксперименты с регистрацией биоэлектрической активности мозга, психофизиологическим тестированием, применением ТМС и нейроинерфейсов.

Ключевые слова. Транскраниальная магнитная стимуляция, нейроинтерфейсы, нейроэкономика, головной мозг, энцефалография.

INDIVIDUAL APPROACH TO THE USE OF TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION AND NEUROINTERFACES IN NEUROECONOMICS

R.F. Gimranov, R.R. Gimranov
Clinic of Restorative Neurology, OOO "Rozmed"
Moscow, Russia, E-mail: clivn@mail.ru

Summary. The main objective of this work is to study the possibility of using transcranial magnetic stimulation (TMS) and neurointerfaces to study various processes in neuroeconomics. For this, in the period 2014-2019, experiments were conducted with the registration of brain bioelectric activity, psychophysiological testing, the use of TMS and neurointerfaces.

Keywords. Transcranial magnetic stimulation, neurointerfaces, neuroeconomics, brain, encephlography.

Термин «Нейроэкономика» (*Neuroeconomics)* вошел в научный обиход с 2004 года. Это научное направление создано на стыке экономики, нейрофизиологии, нейробиологии, психологии. Его главная задача, понять механизмы работы мозга в решении осознанных и неосознанных экономических задач и процессов, влияние на мозг различных видов и способов рекламы, понять как происходят процессы принятия экономических решений как в группах людей, так и у отдельных индивидуумов.

Для этого используются различные методы – функциональная магнитно-резонансная томография, магнитоэнцефалография, транскраниальная магнитная стимуляция, регистрация и анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ), вызванных потенциалов, кожно-гальванических реакций, пульса, давления, биохимические исследования, психофизиологическое тестирование и т.д. Так же для этого используются связанные с мозгом нейроинтерфейсы – айтрейкинг, виртуальная реальность, различные системы биологической обратной связи и др.

Магнитные поля в современном мире широко используются в различных науках, в том числе и в медицине для диагностики и лечения различных заболеваний нервной системы (1). Ранее в наших исследованиях была показана возможность исследования центральной нервной системы (ЦНС) и головного мозга человека при помощи транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) (2), а так же ее применение для оценки различных когнитивных функций, механизмов мышления, памяти, эмоций (3,4). Кроме

исследовательских задач, ТМС позволяет и активно влиять на многие мозговые механизмы для коррекции различных нейропластических процессов в ЦНС (5). Была показана возможности влияния на мозг магнитных полей различной индукции и частоты с целью изменения ее физиологического состояния.

В период с 2014 по 2019 годы на базе кафедры неврологии и клинической нейрофизиологии РАМСР и в Клинике восстановительной неврологии, мы изучали возможности использования ТМС и различных нейроинтерфейсов в нейроэкономике. Проводилась регистрация биоэлектрической активности мозга и математический анализ ЭЭГ, мультимодальных вызванных потенциалов, миографии, различных вегетативных реакций организма, функций сердечно-сосудистой системы, психофизиологическое тестирование. Одной из главных задач было установление индивидуальных характеристик воздействия магнитным полем для активации или торможения различных функций головного мозга. Так же в ряде экспериментов мы использовали виртуальную реальность (ВР), айтрейкеры, различные системы биологических обратных связей (БОС). Все полученные данные обрабатывались и анализировались статистически, параметрическими и непараметрическими методами.

В результате анализа полученных данных было показана возможность использования различных нейроинтерфейсов для изучения памяти, психоэмоциональной и когнитивных функций головного мозга человека. По нашему мнению, весьма перспективно их использование для получения информации о безсознательных механизмах в ЦНС, в том числе и в процессах выбора и принятия решения на короткий или длительный период. Один из важный выводов использования нейроинтерфейсов заключается в том, что работа с ними должна быть персонализирована. То есть полученные и обработанные данные у одного человека невозможно применять у другого человека с такой же эффективностью.

Было установлено, что принятие решения в нейроэкономике только с вовлечение префронтальной коры не всегда может быть наиболее эффективно, особенно в условиях большого информационного потока. И в этих случаях активное вовлечение эмоциональных центров и структур головного мозга могут помогать в отсеивании первичной информации, незначимой для принятия правильного решения. Так же важна в этих процессах роль лимбической системы в взаимодействии с поясной извилиной, гиппоталамусом.

Выявлено, что в большей степени на выбор немедленного или отсроченного вознаграждения влияет активность прилежащее ядро или префронтальная кора. При использовании ТМС можно как активировать, так и тормозить эти структуры и тем самым смещать акценты в процессах выбора у конкретных индивидуумов. Комплексное использование нейроинтерфейсов, регистрации и анализа биоэлектрической активности мозга, ТМС, психофизиологическое тестирование позволяет успешно решать задачи практической нейроэкономики, особенно нейромаркетинга с прикладны применением в рекламе, продвижении и продаже конкретных товаров.

В результате проведенных работ был выявлен целый ряд закономерностей связанных с использованием воздействия транскраниальной магнитной стимуляции на ЦНС:

1. ТМС может быть активно использовано для исследования различных механизмов и процессов в нейроэкономике.
2. ТМС позволяет тормозить или активировать конкретные мозговые структуры вовлеченные в память, эмоции, различные когнитивные процессы у человека.
3. Наибольшие эффекты со стороны ЦНС у конкретных индивидуумов можно получать при применении ТМС с индивидуально подобранными амплитудно-временными характеристиками магнитных полей и точной, четкой локализации места воздействия на мозг.

Дальнейшие работы позволят совершенствовать и унифицировать данные методики в нейроэкономике и тем самым помогут в решении многих ее задач. При правильном применении данные методики не только могут быть практически безвредны, но и существенно дешевле чем функциональное МРТ.

Список литературы

1. Гилинская Н.Ю., Гимранов Р.Ф., Холодов Ю.А. Магнитотерапия заболеваний нервной системы. Москва, «Стройиздат», 2002, 106 с.
2. Гимранов Р.Ф. Применение транскраниальной магнитной стимуляции для исследования моторной коры в динамике у здоровых испытуемых. Журн. высш. нерв. деят. 2002. Т.52. №5. С.575-578.
3. Гимранов Р.Ф., Мальцева Е.А. Влияние транскраниальной магнитной стимуляции на кратковременную и долговременную память у здоровых испытуемых и больных с паркинсонизмом. Ж. Физиология человека, 2005, т.31, № 4, с. 17-19.
4. Гимранов Р.Ф., Курдюкова Е.Н. Транскраниальная магнитная стимуляция в исследовании эмоции у здоровых испытуемых и больных с эпилепсией. Ж. Высшей нервной деятельности, 2005, т.55, №2, с.202-206.
5. Гимранов Р.Ф. Транскраниальная магнитная стимуляция М.: Аллана, 2002. 164 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (КЛИНИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Г.А. Ибадова, Г.А. Ташпулатова, Г.М.Хамидова, Л.М.Максудова
Ташкентский институт усовершенствования врачей, Ташкент, Узбекистан,
prof.ibadova@mail.ru

Резюме. Проведен эксперимент на 72 крысах с воздействием электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИРЧ) различной мощностью и экспозицией и клинические исследования с участием 204 сотрудников телерадиостанций из которых 119 подвергались профессиональному прямому воздействию ЭМИРЧ с учетом стажа их работы. Установлено, что ЭМИРЧ оказывает значительное дозозависимое влияние на различные константы организма человека и экспериментальных животных, отвечающие за его гомеостаз.

Ключевые слова: ЭМИРЧ, биологическое действие, мощность и экспозиция излучения

SOME ASPECTS OF THE RADIO FREQUENCY RANGE ELECTROMAGNETIC RADIATION BIOLOGICAL EXPOSURE (CLINICAL-EXPERIMENTAL RESEARCH)

G.A. Ibadova, G.A. Tashpulatova, G.M. Khamidova, L.M. Maksudova
Tashkent Institute of Postgraduate Medical Education, Tashkent, Uzbekistan
prof.ibadova@mail.ru

Summary. The research had included of 204 workers of radio-and-television stations (119 people subjected to the professional risk of electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMRRF) effect and experiment on 72 rats with exposure of different power and exposition of the EMRRF; the EMRRF impact (various doses of radiation) has been determined dose dependent destructive effects on a number of organs and tissues of the examined peoples and experimental animals, responsible for their homeostasis.

Key words: EMRRF, biological exposure, power and exposition of radiation

Актуальность. Многочисленные международные публикации по оценке влияния ЭМИ на различные живые организмы, в том числе на генетическом, клеточном, тканевом, организменном уровнях [1,2,3], позволили сделать выводы, что ЭМИРЧ являются одним из серьезных факторов загрязнения окружающей среды [4,5].

Анализ многочисленных медико-биологических исследований влияния ЭМИ сотового телефона и базовых станций на организм не дает однозначного ответа.

В Узбекистане изучались преимущественно технические аспекты ЭМИРЧ. Единичные гигиенические исследования касались аттестации рабочих мест на некоторых РТО [6,7].

Целью исследования явилась мультидисциплинарная оценка воздействия различных доз ЭМИРЧ на организм экспериментальных животных и лиц, имеющих прямой и постоянный профессиональный риск воздействия этого излучения.

Материалы и методы исследования. Клинические исследования были проведены у 204 работников радиотелевизионных станций (РТС) г. Ташкента и г. Гулистана (основная группа - лица с профессиональным риском воздействия ЭМИРЧ - 119 человек, группа

сравнения – лица, не имеющие профессионального контакта с ЭМИРЧ - 85 работников РТС). Все обследованные были поделены на 6 групп с учетом стажа работы:

Экспериментальные исследования были проведены на 72 белых крысах в остром (1 мес.) и хроническом (3 мес.) эксперименте. Все животные были поделены на 4 группы в зависимости от мощности воздействующего на них излучения в 50, 500 и 1000 $\mu W/cm^2$ и группа интактных животных для получения контрольных значений.

Методы исследования: клинико-лабораторные, морфологические, биохимические, иммунологические, иммуноцитохимические, статистические.

Морфологические исследования печени, головного мозга, сердца, желудка, толстого и тонкого кишечника, семенников крыс проводили методом световой микроскопии.

Иммунологические исследования проводили у экспериментальных животных и в исследованных группах лиц методом непрямого розеткообразования (РНПО) с применением моноклональных антител.

Для определения степени деструкции тканей использовали метод количественной регистрации антигенсвязывающих лимфоцитов (АСЛ), специфически сенсибилизированных к тканевым антигенам (ТА) различных органов реакцией РНРО по методу Ф. Ю. Гариб (1981).

Биохимические исследования крови были проведены у лиц основной группы, группы сравнения. Они включали определение ряда показателей углеводного обмена (глюкоза, гликоген, лактат, пируват и др.), некоторых печеночных тестов (АЛТ, АСТ, ЩФ) по стандартным методикам. У крыс указанные тесты проведены в крови, печени и мозге.

Результаты исследования и их обсуждение. Было выявлено разноплановое и значительное влияние ЭМИРЧ на различные органы и ткани. Причем, выраженность нарушений прямо зависела от мощности и длительности воздействия ЭМИРЧ, и от биологических особенностей биообъектов-мишеней.

Далее было установлено, что под влиянием ЭМИРЧ в головном мозге, печени и крови крыс возникают зависящие от мощности излучения, экспозиции воздействия и органной принадлежности изменения со стороны углеводно-энергетического, белкового обменов, активности ряда основных ферментов организма экспериментальных животных.

Нарушения в обмене углеводов, проявляющиеся изменением уровня гликогена, глюкозы, молочной и пировиноградной кислот, являются с одной стороны следствием угнетения или активации их окислительных превращений, а с другой опосредуются через влияние ЭМИРЧ на ключевые ферменты цикла трикарбоновых кислот, участвующих в окислительных процессах углеводно-энергетического обмена, таких как глутамат-, сукцинат-, малат-дегидрогеназы и цитохромоксидазы.

Далее была проведена оценка влияния ЭМИРЧ на систему иммунитета, процессы деструкции и дегенерации органов-мишеней и тканей.

Установлено, что, в целом, система иммунитета реагирует даже на незначительное воздействие ЭМИРЧ супрессией показателей, что дает основание предполагать, что процессы адаптации и привыкания к действию ЭМИРЧ в случае с иммунной системой не работают, а супрессия иммунитета начавшаяся в острой стадии эксперимента при продолжительном воздействии не имеет тенденции к стабилизации и только нарастает.

В процессе исследования было установлено, что у животных воздействие ЭМИРЧ приводит к значительным нарушениям со стороны ряда органов (печень, мозг, надпочечники, почки и миокард) по показателю АСЛ к ТА этих органов, которые нарастали по мере увеличения мощности излучения, как в остром, так и в хроническом эксперименте. Выявлена одинаковая направленность основных морфологических изменений и деструктивно-дегенеративных нарушений по показателю АСЛ к ТА, характерная для всего диапазона мощностей использованных радиоволн.

В подтверждение мнения многих авторов о том, что ЭМИРЧ способны вызывать микроциркуляторные нарушения, и влиять на процессы апоптоза и пролиферации, в результате проведенных исследований мы склонны к мнению об определяющем влиянии нарушений микрососудистого русла на происходящие не только морфологические и метаболические, но и многие другие (воспалительно-деструктивные, компенсаторно-приспособительные, регенераторные и иммунные) процессы под влиянием ЭМИРЧ, причём изменения происходят на всех уровнях - внутриклеточном, тканевом и органном.

Далее был проведен анализ результатов активной диспансеризации работников РТС, включающий ряд клинических исследований, направленных на выявление влияния ЭМИРЧ на лиц, имеющих прямой и постоянный контакт с ЭМИРЧ в виду их профессиональной деятельности. В процессе исследования было установлено, что ЭМИРЧ оказывает значительное влияние на различные константы организма, отвечающие за его гомеостаз и проявляющееся выраженной супрессией клеточных факторов иммунитета, изменениями со стороны сердечно-сосудистой системы, нарушениями неврологического и офтальмологического статуса, индукцией процессов деструкции и дегенерации в тканях и органах и напряженностью гемопоэза, которые нарастали по мере увеличения профессионального стажа работников и ухудшали качество их жизни.

Выводы. ЭМИРЧ оказывает значительное воздействие на морфофункциональные, биохимические и иммуноцитохимические показатели различных органов и систем организма экспериментальных животных, происходящих на всех уровнях – внутриклеточном, тканевом и органном, нарастающих по мере увеличения мощности излучения и длительности его воздействия.

Установлено значительное влияние ЭМИРЧ на состояние здоровья лиц в группах профессионального риска с постоянным и прямым воздействием излучения, которые нарастают по мере увеличения их профессионального стажа.

Список литературы.

1. Шибкова Д.З., Овчинникова А.В. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем // Успехи современного естествознания. 2015. - №5. - С.156-159
2. Григорьев Ю.Г. Возможное развитие опухолей мозга у пользователей сотовыми телефонами (новая информация) // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2016. - N 5. - С. 546-548
3. Liu K., Li Y., Zhang G., Liu J., et.all. Association between mobile phone use and semen quality: a systemic review and meta-analysis // Andrology. - 2014. - Vol.2, N 4. - P.491-501.
4. Никитина В.Н., Петраш В.В., Броновицкая Е.А. и др. Оценка экологической значимости сверхвысокочастотного электромагнитного излучения малой интенсивности по данным биотестирования // Теор. и прикл. экология. - 2014. - N 2. - С.67-72.
5. Sato Y., Kiyohara K., Kojimahara N., Yamaguchi N. Time trend in incidence of malignant neoplasms of the central nervous system in relation to mobile phone use among young people in Japan// Bioelectromagnetics. - 2016. - Vol. 37 (5).- P. 282–289
6. Искандаров Т.И., Магай М.П. «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» // СанПиН № 0096 - 00 – МЗ РУз. Ташкент. 2000. – 11 с.
7. Нигманов А.А. Разработка моделей распределения уровней поля радиовещательных станций// Автореф. дисс. канд. тех. наук. – Ташкент. 2011. – 20 с.

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАРУШЕНИЯ У ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* И *SHMIDTEA MEDITERRANEA* В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ

Ускалова Д.В., Устенко К.В.
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ), 249040 г. Обнинск, ул. Студгородок, д. 1, uskalovad@mail.ru

Выявлено значимое нарушение регенерации планарий *Dugesia tigrina* и *Shmidtea mediterranea* и пролиферативной активности их клеток после низкоинтенсивного воздействия с частотой 900 МГц и плотностью потока энергии 100 мкВт/см^2 с экспозициями 60 и 180 минут. На 4-7 сутки эффект нивелировался. Обсуждается механизм нарушения метаболической активности клеток.

Ключевые слова: низкоинтенсивное радиочастотное излучение, регенерация, пролиферация, МТТ-тест, планарии, *Dugesia tigrina, Shmidtea mediterranea*

MORPHO-FUNCTIONAL DISTURBANCES AT THE *DUGESIA TIGRINA* AND *SHMIDTEA MEDITERRANEA* PLANARIA IN A LOW-INTENSE RADIO-FREQUENCY FIELD

Uskalova D.V., Ustenko K.V.
1 Institute of Nuclear Power Engineering NRNU MEPhI, Studgorodok, 1, Obninsk, Kaluga reg., 249040, Russian Federation

A significant violation of the regeneration of the planaria *Dugesia tigrina* and *Shmidtea mediterranea* and the proliferative activity of their cells after low-intensity exposure with a frequency of 900 MHz and an energy flux density of 100 μW / cm2 with exposures of 60 and 180 minutes was revealed. At 4-7 days, the effect was leveled. The mechanism of impaired metabolic activity of cells is discussed.

Keywords: low-frequency radio-frequency radiation, regeneration, proliferation, MTT test, planaria, *Dugesia tigrina, Shmidtea mediterranea*

Обеспечение безопасности для разных представителей биоты в условиях современного мегаполиса, пронизанного действием электромагнитного излучения (ЭМИ) разного спектра – важная задача радиобиологии и радиоэкологии.

Уже сейчас некоторые водные экосистемы подвержены действию антропогенных электромагнитных полей. Водные беспозвоночные животные (в том числе планарии) играют важную роль в поддержании гомеостаза водоема. Морфо-физиологический подход в оценке действия факторов, вызывающих стресс, является важной составляющей биологического мониторинга. Комплексная, включающая разные методические подходы и показатели жизнеспособности, оценка эффектов действия низкоинтенсивного ЭМИ диапазона сотовой связи является важной теоретической и практической задачей радиобиологии неионизирующих излучений.

Известно, что необласты – стволовые клетки, составляют до 30% от общего количества клеток плоских червей планарий. В связи с этим фактом планарии являются удобным объектом для исследования процессов посттравматического восстановления, среди которых ключевое значение имеет пролиферация клеток, в том числе стволовых [Ermakov, Ermakova, Kudravtsev, Kreshchenko, 2012]. Влияние ЭМИ на эти процессы изучено

недостаточно, и особенно мало известно об ответе стволовых клеток на такое воздействие и механизмах формирования биоэффектов.

В данной работе впервые проведен комплексный анализ закономерностей формирования острых и отдаленных эффектов действия низкоинтенсивного радиочастотного излучения с параметрами близкими к сотовой связи по показателям регенерации, пролилиферации и метаболической активности у планарий *Dugesia tigrina* и *Shmidtea mediterranea* в модельных экспериментах

Планарий *D. tigrina* и *S. mediterranea* облучали в низкоинтенсивном электромагнитном поле с параметрами, близкими к сотовой связи (частота 900 ± 100 МГц, плотность потока энергии (ППЭ) 100 мкВт/см^2) с экспозициями 60 и 180 мин [Ускалова, 2018]. Облучение проводили на установке, в которой постоянное НИ РЧ поле обеспечивал маломощный генератор высокочастотных сигналов Г4-76А и пирамидальная рупорная антенна типа П6-23А [Литовченко и др., 2011]. Пролиферативную активность оценивали через 6, 8 и 24 ч после облучения с помощью метода проточной цитометрии [Ускалова, 2018], который позволяет определять долю клеток на разных фазах клеточного цикла, включая S- и G2/M-фазы [Ermakov, Ermakova, Kudravtsev, Kreshchenko, 2012]. Регенерационную активность определяли на 4 и 7 сутки после декапитации и облучения количественно как отношение площади бластемы к площади всего тела планарии с использованием метода компьютерной морфометрии [Тирас, Асланиди, 2013]. МТТ-тестом оценивали цитотоксический эффект, приводящий к нарушению метаболической активности клеток [Ускалова, 2018; Савина, Ускалова, Сарапульцева, 2018]. Результаты обработаны методами вариационной статистики, применен двухфакторный дисперсионный анализ.

Методом компьютерной морфометрии выявлено снижение в 2 раза регенерационной активности планарий вида *D. tigrina* на четвертые сутки после радиочастотного воздействия и декапитации. Эффект нивелировался к 7 сут. Результаты данного эксперимента показали, что НИ РЧ поле с исследуемыми параметрами не приводит к нарушению регенерации *D. tigrina* и гибели животных.

Методом проточной цитометрии показано, что в контрольных образцах *S. mediterranea* около 70 % клеток находится в G1/G0 фазе клеточного цикла, 8-16 % – в фазе G2/M и около 18 % – в фазе S. Пролиферативная активность клеток в образцах облученных планарий первые шесть и восемь часов после воздействия не отличалась от наблюдаемой в контроле. Через 24 ч после воздействия количество митотических необластов, находящихся на стадии G1/G0, увеличилось в 1,1 раз. При этом количество клеток, характеризующих скорость пролиферации (стадия S), и клеток, характеризующих индекс пролиферации (стадии G2/M + S), снизилось в 1,5 раза по сравнению с контролем. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа обнаружено значительное влияние НИ РЧ поля ($p = 0,02$) и времени после облучения ($p = 0,0001$) на пролиферацию клеток планарий.

Известно, что регенерация обеспечивает выживание планарий и зависит от пролиферативной активности стволовых клеток [Cowles., Hubert , Zayas, 2012]. Через 24 часа после действия НИ РЧ поля индекс пролиферации, определяемый как общее количество клеток на фазах S и G2/M, в 1,5 раз ниже, чем в контрольных группах планарий.

С помощью МТТ-теста обнаружено, что через 180 мин нахождения в НИ РЧ поле происходит значимое изменения оптической плотности (ОП) в 1,5 раза в облученных образцах. Данный тест позволяет сопоставить изменение ОП раствора по отношению к контролю с изменением пула жизнеспособных клеток и оценить эффективность цитотоксического действия анализируемого воздействия. Тест интегрально отражает количество активных форм кислорода, в том числе, короткоживущих супероксид анион-радикалов, инактивацию сукцинатдегидрогеназ и других митохондриальных оксидаз и

работу системы антиоксидантных ферментов [Cancer Cell Culture. Methods and Protocols, 2011].

Использование планарий в качестве объекта исследования позволило проанализировать влияние НИ РЧ поля как на клеточном, так и на организменном уровнях.

Результаты, полученные в данной работе, показывают, что после НИ РЧ воздействия с параметрами, близкими к сотовой связи, происходит снижение регенерационной активности планарий за счет нарушения пролиферативной активности и снижение пула жизнеспособных клеток. Однако эффект не сказывается на жизнеспособности целостного организма. Регенерационная активность восстанавливается через неделю после облучения.

Список литературы

1. Ermakov A.M., Ermakova O.N., Kudravtsev A.A., Kreshchenko N.D. Study of planarian stemcell proliferation by means of flow cytometry // MolBiolRep, 2012. V. 39. P.3073–3080
2. Ускалова Д.В., Влияние низкоинтенсивного радиочастотного излучения на морфо-функциональные показатели у простейших и беспозвоночных животных// Диссертациятна соискание ученой степени кандидата биологических наук, – Обнинск, 2018 – 137 с.
3. Литовченко А.В., Козьмин Г.В., Игнатенко Г.К., Сарапульцева Е.И., Иголкина Ю.В.. Комплект установок для исследования влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей на живые организмы // Биомедицинская радиоэлектроника, 2011. № 12. С. 15–19
4. Тирас Х.П., Асланиди К.Б. Тест-система для неклинического исследования медицинской и экологической безопасности на основе регенерации планарий. учебно-методическое пособие. − Пущино: Пущинский государственный естественно-научный институт, 2013. – 64 с
5. Савина Н.Б., Ускалова Д.В., Сарапульцева Е.И. Использование МТТ-теста для изучения отдаленных эффектов острого γ-облучения у ракообразных *Daphnia magna*// Радиация и риск, 2018. Т. 27, №1. С. 86 – 93
6. Cowles M. W., Hubert A., Zayas R. M. A Lissencephaly-1 Homologue Is Essential for Mitotic Progression in the Planarian *Schmidtea mediterranea* // Developmental dynamics. 2012. V. 241. N 5. P. 901–910
7. Cancer Cell Culture. Methods and Protocols. / Ed.I.A. Cree. Second ed. – Springer New York Dordrecht Heidelberg London: Human Press, 2011. P. 237−244

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 525 НМ У МЫШЕЙ *IN VIVO*

А.Р. Дюкина [1], С.И. Заичкина [1], О.М. Розанова [1], С.С. Сорокина [1], Е.Н. Смирнова [1], М.М. Поцелуева [1], А.А. Наумов [1], Д.П. Ларюшкин [1], Н.В. Минаев [2], В.И. Юсупов [2]

[1] Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, 142290, г. Пущино Московской области, ул. Институтская, 3, Россия

[2]Институт фотонных технологий ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Пионерская, 2, Россия

dyukina@rambler.ru

Цель работы - выявление клеточных реакций в различных тканях мышей при облучении гипернизкими дозами фемтосекундного лазера (525 нм): по анализу клеточного состава и уровню продукции АФК в цельной крови, клеточности тимуса и селезенки и количеству цитогенетических повреждений в костном мозге. Обнаружено, что защитный эффект наблюдается в зависимости от ткани в том же диапазоне доз, как и в случае облучения мышей ионизирующим рентгеновским излучением или неионизирующим непрерывным He-Ne лазером.

Ключевые слова: фемтосекундное лазерное и рентгеновское излучения, микроядерный тест, адаптивный ответ, АФК, костный мозг, мыши.

BIOLOGICAL EFFECTS OF LOW-INTENSITY FEMTOSECOND LASER RADIATION WITH A WAVELENGTH OF 525 NM IN MICE *IN VIVO*

A.R. Dyukina [1], S.I. Zaichkina [1], O.M. Rozanova [1], S.S. Sorokina [1], E.N. Smirnova [1], M.M. Potselueva [1], A.A. Naumov [1], D.P. Laryushkin [1], N.V. Minaev [2], V.I. Yusupov [2]

[1]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS, Pushchino, Russia

[2]Institute of Phonon Technologies, FSRC "Crystallography and Photonics" of RAS, Troitsk, Moscow, Russia

dyukina@rambler.ru

The aim of the work is to identify cellular reactions in various tissues of mice when irradiated with hyperlow doses of a femtosecond laser (525 nm): by analyzing the cellular composition and level of ROS production in whole blood, thymus and spleen cellularity and the number of cytogenetic lesions in the bone marrow. It was found that the protective effect is observed depending on the tissue in the same dose range as in the case of irradiation of mice with ionizing x-ray radiation or a non-ionizing continuous He-Ne laser.

Keywords: femtosecond laser and X-ray radiations, micronucleus test, adaptive response, ROS, bone marrow, mice.

Созданные в середине восьмидесятых годов фемтосекундные (ФС) лазеры, обладающие уникальными свойствами (ультракороткий импульс 10^{-15} и высокая пиковая мощность - ТВт), совершили революцию не только в лазерной физике, но и в физике в целом. В настоящее время лазерные медицинские технологии широко используются в экспериментальной и клинической медицине, при этом в зависимости от конечной цели применяют лазерное излучение различной интенсивности. Биологические эффекты воздействия лазерного излучения на организм определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями и зависят от длины волны, длительности воздействия, частоты

следования импульсов, площади облучаемого участка и особенностей организма. Положительные терапевтические эффекты в основном наблюдаются при больших и средних мощностях низкоинтенсивных лазерных излучений. Существует мнение, что импульсное излучение является более эффективным, по сравнению с непрерывным, при малых мощностях. Основными преимуществами ФС излучения являются малая длительность импульса, высокая пиковая (кВт) и малая средняя (мВт) мощности, что предполагает отсутствие термических эффектов.

Одной из рабочих гипотез эффективного применения этих лазеров в терапии является знание ключевой фотомолекулярной реакции, запускающей терапевтический процесс, является гипотеза прямого возбуждения эндогенного кислорода. Такой эффект назван светокислородным [1]. Полагают, что усиление этого эффекта возможно при увеличении интенсивности лазерного излучения, что может наблюдаться за счет увеличения импульсной мощности. Однако на сегодня непонятен до конца не только локальный и системный механизм молекулярного действия ФС лазерного излучения, но и очень мало данных по изучению основных биологических реакций в организме млекопитающих *in vivo*.

При изучении генотоксических эффектов на мышах, предоблученных малыми дозами ионизирующего излучения (гамма и рентген) и затем дополнительно облученных большой дозой, был обнаружен защитный эффект, так называемый феномен адаптивного ответа (АО), что позволило предположить о возможной связи индукции этого феномена с активацией естественной защиты организма [2].

Нами было проведено большое комплексное исследование действия непрерывного низкоинтенсивного He-Ne лазерного (632.8 нм) и светодиодного инфракрасного (850 нм) излучений на клеточные реакции при облучении мышей нетерапевтическими гипернизкими дозами, соответствующими энергиям адаптирующих доз ионизирующего излучения [3, 4]. Анализ результатов показал, что эти излучения не повышали уровня спонтанных цитогенетических повреждений, но при последущем облучении рентгеном в дозе 1.5 Гр были получены значимые защитные эффекты. И в дальнейших исследованиях по поиску защитных физических и химических агентов, мы используем так называемый тест «адаптивный ответ».

В связи с вышеизложенным целью работы являлось выявление действия гипернизких доз низкоинтенсивного ФС лазерного излучения на клеточные реакции в различных тканях мышей.

Материалы и методы

Эксперименты проводили на двухмесячных самцах мышей линии SHK. Животных облучали в область носа ФС лазером (АВЕСТА, РФ) (525 нм, 200 фс, 70 МГц) при мощностях 0.05, 0.5 и 5 мВт, и экспозиции от 1 до 50 с, что соответствует дозам излучения 0.1 – 52 мДж/см^2. В качестве положительных контролей животные были облучены непрерывным He-Ne лазерным излучением (632.8 нм, 0.7 мВт, 0.16 мВт/см^2) в течение 5 и 100 с (2 и 40 мДж/см^2) и рентгеновским излучением (РИ) в дозе 0.1 Гр (4 мДж/см^2) на установке РУТ (200 кВ, 8 мА, г. Пущино). Через сутки все группы животных дополнительно облучали РИ в дозе 1.5 Гр (60 мДж/см^2). На каждую экспериментальную точку использовали не менее 5 мышей. С помощью стандартных методик был проведен гематологический анализ крови на анализаторе Beckman Coulter Ac*T, определен уровень продукции АФК в цельной крови методом люминол-зависимой хемилюминесценции (Chemilum-12, Россия) [3, 5], клеточность тимуса и селезенки и уровень цитогенетических повреждений в костном мозге с помощью микроядерного теста [6]. На экспериментальную точку использовали 5 мышей.

Результаты

Обнаружено, что при всех исследованных дозах ФС лазера клеточный состав крови, уровни цитогенетических повреждений в кроветворных органах и продукции АФК в цельной

крови не отличались от спонтанного фона. Предварительная обработка животных ФС лазером только в дозах 3 мДж/см^2 (0.05 мВт), 10.4 и 31 мДж/см^2 (0.5 мВт) и 10 мДж/см^2 (5 мВт) и последующим воздействием РИ в дозе 1.5 Гр приводила к снижению повреждений в клетках костного мозга по микроядерному тесту и в цельной крови по продукции АФК, как и у положительных контролей, т.е. индуцировался АО. Другие исследованные дозы ФС лазера не индуцировали защиты. Предобработка мышей всеми дозами ФС лазера не защищала тимус и селезёнку от уменьшения клеточности, в отличие от He-Ne лазерного и рентгеновского излучений в дозах 2 и 4 мДж/см^2, соответственно. Таким образом, при воздействии на мышей неионизирующим импульсным ФС лазером (525 нм) в зависимости от мощности, плотности потока энергии и свойств ткани наблюдается защитный эффект по тесту «адаптивный ответ» в том же диапазоне доз, как и в случае предоблучения мышей ионизирующим РИ или неионизирующим непрерывным He-Ne лазером (632.8 нм), т.е. не наблюдается более высокая эффективность действия импульсного лазера по сравнению с непрерывным при гипермалых дозах. Полученные данные позволяют предположить схожий механизм активации защиты организма при действии гипернизких низкоинтенсивных доз как неионизирующего, так и ионизирующего излучений, что требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Залесский В.Н. К 50-летию лазерной медицины: молекулярные механизмы лазерной биостимуляции // Укр. мед. часопис. – 2010.- № 5(79). С. 52-58.
2. Балакин В.Е., Заичкина С.И., Клоков Д.Ю., Аптикаева Г.Ф., Ахмадиева А.Х., Розанова О.М., Смирнова Е.Н. (1998) Обнаружение эффекта длительного сохранения радиационного адаптивного ответа в костном мозге мышей. Доклад РАН: 363(6):843-845.
3. Дюкина А.Р., Заичкина С.И., Розанова О.М., Романченко С.П., Мальцева В.Н., Аптикаева Г.Ф. Влияние инфракрасного и рентгеновского излучений на продукцию активных форм кислорода и индукцию цитогенетических повреждений в костном мозге мышей *in vivo*. Радиационная биология. Радиоэкология. 2011, Т. 51, № 5. С. 536-541.
4. Дюкина А.Р., Заичкина С.И., Розанова О.М., Романченко С.П., Сорокина С.С., Симонова Н.Б., Закржевская Д.Т., Пашовкин Т.Н., Юсупов В.И. Клеточные реакции, индуцированные низкоинтенсивным излучением гелий-неонового лазера и светодиодной инфракрасной матрицы на мышах in vivo. Медицинская физика. 2014. № 4. Т. 64. С. 37-45.
5. Заичкина С.И., Дюкина А.Р., Розанова О.М., Романченко С.П., Сирота Н.П., Кузнецова Е.А., Симонова Н.Б., Сорокина С.С., Закржевская Д.Т., Юсупов В.И., Багграташвили В.Н. Сочетанное действие низкоинтенсивного гелий-неонового лазерного и рентгеновского излучений на клеточные реакции цельной крови и лимфоидных органов у мышей *in vivo*. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2016 г., Том 161, № 5 , С. 621-624.
6. Schmid W. (1975) The micronucleus test. Mutat. Res. 31(1):9-15.

ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ В УСЛОВИЯХ ГОЛОДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Устенко К.В.[1], Ускалова Д.В.[2]
[1]Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ksustenko@gmail.com
[2]Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ), 249040 г. Обнинск, ул. Студгородок, д. 1

Выявлено, что облучение в НИ РЧ поле, непрерывно генерируемом с частотой 900 МГц и плотностью потока энергии 100 мкВт/см^2, в пубертатный период развития голодающих ракообразных *D. magna*, оказывает значимое влияние на плодовитость, но не влияет на выживаемость. Рассматриваются возможные механизмы.

Ключевые слова: низкоинтенсивное радиочастотное излучение; выживаемость; плодовитость; цитотоксичность; пубертатный период; голодание; *Daphnia magna*.

EFFECTS OF IRRADIATION IN A LOW-INTENSIVE RADIO-FREQUENCY FIELD UNDER HUNGER CONDITIONS BY THE EXAMPLE OF AN INVERTEBRATE ANIMALS

Ustenko K.V., Uskalova D.V.
Institute of Nuclear Power Engineering NRNU MEPhI, Studgorodok, 1, Obninsk, Kaluga reg., 249040, Russian Federation

It was found that chronic irradiation with a frequency of 900 MHz and an energy flux density of 100 μW/cm2 during the development of *D. magna* crustaceans from 6 to 10 days under fasting conditions has a significant effect on overall fertility and metabolic activity, but does not affect survival.

Keywords: low-intensity radio frequency radiation; survival; fertility; cytotoxicity; puberty; starvation; Daphnia magna.

Современный этап развития технологий привел к появлению новых факторов, влияющих на биологические объекты и системы. Применяемые средства связи являются источниками излучения с характеристиками, не встречающимися в природе. Таким образом, актуальной проблемой радиобиологии становится изучение разных аспектов биологического действия неионизирующей радиации на представителей биоты.

За последнее десятилетие возросло количество публикаций, исследующих комбинированные эффекты воздействия на организмы природных и антропогенных факторов. Часто встречающимся биологическим стрессом является дефицит пищи, следовательно, важно определить устойчивость организмов к голоданию при различных условиях. Ряд исследований показал комбинированные эффекты воздействия температуры, химических веществ и других факторов на выживаемость и плодовитость низших ракообразных при различных пищевых режимах [Heugens, Tokkie, Kraak, 2006]. Тем не менее, комбинированные эффекты воздействия неионизирующего излучения в условиях ограничения пищевого режима, остаются недостаточно изученными.

В данной работе впервые исследованы комбинированный эффект радиочастотного облучения с параметрами, близкими к излучению базовых станций сотовой связи в пубертатный период онтогенеза беспозвоночных *Daphnia magna*, в условиях голодания животных.

В соответствии с [OECD, 2012] для работы были подготовлены партеногенетические поколения *D. magna*. Односуточных особей разделили на четыре группы: I – нормальный уровень корма (1,9 мгС/л), II – условие голодания (50% уровень от нормы (0,8 мгС/л), III – нормальный корм + облучение и IV – голодание +облучение. В качестве корма использовали суспензию зеленых водорослей Chlorella vulgaris. Пищевой режим в группах на протяжении всего опыта не менялся.

D. magna облучали в пубертатный период (с шестых по десятые сутки) на лабораторной установке, непрерывно генерирующей электромагнитное излучение с частотой 900 ± 100 МГц и плотностью потока энергии (ППЭ) 100 мкВт/см^2. Во время эксперимента, исключая период облучения, дафний культивировали поодиночно в климатостате в 50 мл дважды фильтрованной водопроводной дехлорированной воды. Погибших и новорожденных *D. magna* учитывали и удаляли. Контрольные группы находились в тех же условиях, но без облучения.

Учет выживаемости и плодовитости проводили в трех последовательных поколениях до 21-суточного возраста в каждом. Для определения общей плодовитости были рассчитаны её компоненты: количество помётов на дафнию и число новорожденных на помёт. Цитотоксический эффект определяли по нарушению метаболической активности дафний. Для этого применяли стандартный колориметрический МТТ-метод, основанный на способности митохондриальных дегидрогеназ восстанавливать бесцветный тетразолий до окрашенного фармазана, с модификациями [Ускалова, 2018; Савина и др., 2018.]. Клетки с низким уровнем метаболизма слабо восстанавливают МТТ, поэтому оптическая плотность анализируемых клеточных суспензий будет ниже, чем у активно пролиферирующих клеток. МТТ-метод применяется для оценки цитотоксичности противоопухолевых препаратов in vitro. Тест проводили на 4-х суточных дафниях для всех групп.

Статистический анализ проведен с использованием критериев Крускалла-Уоллиса, $\chi 2$ и двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA.

Анализ выживших к 21 суткам особей не выявил значимых отличий между облученными и контрольными группами при оптимальном и недостаточном количестве пищи. Сравнение контрольных групп показало, что рацион питания существенно не влияет на выживаемость как облучённых, так и не облученных дафний.

Было обнаружено, что уровень пищи значимо влияет на плодовитость дафний. Облучение оказывает значимое влияние как на общую плодовитость (общее число потомков), так и на размер помета во всех группах. Аналогичные результаты были получены другими авторами. В исследовании [Guinnee, Gardner, Howard, 2007] было показано, что в условиях ограниченных пищевых ресурсов водяные блохи обычно производят меньше потомства по количеству, но крупнее по размеру. В нашем исследовании, среднее количество потомства на дафнию показало высокую корреляцию с уровнем питания в группах. Значимое снижение плодовитости было выявлено в группах контроля и у облученных дафний при недостаточном количестве пищи. Так же, облучение *D. magna* приводит к значимым эффектам снижения плодовитости в первом, и втором пострадиационных поколениях. Анализ ANOVA показал, что облучение и трофические условия независимо влияли на общую плодовитость, так как все условия взаимодействия не были значительными.

МТТ-тестом был обнаружен значимый токсический эффект облучения дафний в пубертатный период. Известно, что в этот период у ракообразных формируются эмбрионы. Таким образом, при облучении с 6 по 10 сутки, электромагнитное воздействие было оказано также на половые клетки формирующихся эмбрионов. Полученные нами данные по облучению дафний в условиях голодания согласуются с данными, полученные при

исследовании действия гербицида пропанила на выживаемость *D. magna* [Pereira, Mendes, Goncalves, 2007].

Известно, что воздействие НИ РЧ поля увеличивает чувствительность *D. magna* к другим факторам, например, к действию кадмия [Гапочка, Гапочка, Дрожжина и др., 2012]. Однако, результаты нашего исследования показали, что хроническое облучения в НИ РЧ полем в условиях голодания независимо влияют на показатели жизнеспособности ракообразных.

Список литературы

1. Guinnee M.A., Gardner A., Howard A.E., West S.A., Little T.J. The causes and consequences of variation in offspring size: a case study using Daphnia // Journal of evolutionary biology, 2007. P. 577-87.

2. Heugens E.H.W., Tokkie L.T.B., Kraak M. H.S, Hendriks J.A., Van Straalen Nico M., Admiraal W. Population growth of Daphnia magna under multiple stress conditions: joint effects of temperature, food, and cadmium // Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 25, No. 5, 2006. P. 1399–1407.

3.OECD, 2012. Organisation for Economic Co-operation and Development. In: Test No 202: Daphnia Sp. Acute Immobilisation Test. OECD Publishing, Paris.

4. Pereira J.L., Mendes C. D., Goncalves F. Short- and long-term responses of Daphnia spp. to propanil exposures in distinct food supply scenarios // Ecotoxicology and Environmental Safety 68, 2007. P. 386–396.

5. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Г., Дрожжина Т.С., Исакова Е.Ф., Павлова А.С., Шавырина О.Б. Эффекты облучения культуры Daphnia magna на разных стадиях развития электромагнитным полем миллиметрового диапазона низкой интенсивности // Вестник московского университета. Серия 16. Биология, 2012. № 2. С. 43-48.

6. Савина Н.Б., Ускалова Д.В., Сарапульцева Е.И. Использование МТТ-теста для изучения отдаленных эффектов острого γ-облучения у ракообразных Daphnia magna// Радиация и риск, 2018. Т. 27, №1. С. 86 – 93

7. Ускалова Д.В., Влияние низкоинтенсивного радиочастотного излучения на морфо-функциональные показатели у простейших и беспозвоночных животных// Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, – Обнинск, 2018 – 137 с

НАУЧНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНЕЗИСА «ТЕПЛОВОГО» И «НЕТЕПЛОВОГО» МЕХАНИЗМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОТАХ ДАНИЛЕВСКОГО И Д'АРСОНВАЛЯ

В.А. Алексеева
Центр электромагнитной безопасности,
Российский Национальный комитет по защите от неионизирующих излучений,
Москва, Россия bioemf@yandex.ru

Эволюция теорий В.Я.Данилевского и Д'Арсонваля о механизме биологического эффекта переменного электромагнитного поля привела к различиям в предельно-допустимых уровнях электромагнитного поля радиочастотного диапазона. Данилевский опирался на традиции российской научной школы о приоритете реакции нервной системы и роли электричества как раздражителя/возбудителя. Д'Арсонваль считал приоритетным механизмом поглощение телом электромагнитной энергии. Научные школы ведущих стран развивали эти идеи и использовали при обосновании лимитов электромагнитного поля в 20 веке.

Ключевые слова: электромагнитное поле, механизм действия, нервная система, энергия, поглощение, допустимый уровень, Данилевский, Д'Арсонваль

"THERMAL" AND "NON-THERMAL" MECHANISM OF ELECTROMAGNETIC BIOLOGICAL EFFECTS: SCIENTIFIC-HISTORICAL ANALYSIS OF THE GENESIS FOR TEORYES OF DANILEVSKY AND D'ARSONVAL

V.A. Alekseeva
Center for Electromagnetic Safety,
Russian National Committee for Non-ionizing Radiation Protection,
Moscow, Russia bioemf@yandex.ru

The evolution of the theories prof. of V.Ya.Danilevsky and Dr. J.A.D'Arsonval about the mechanism of the biological effect of an alternating electromagnetic field has led to differences in the maximum permissible levels of the electromagnetic field of the radio frequency range. Danilevsky relied on the traditions of the Russian scientific school on the priority of the reaction of the nervous system and the role of electricity as an irritant / pathogen. D'Arsonval considered the absorption of electromagnetic energy by the body as a priority mechanism. Scientific schools of leading countries developed these ideas and used them in substantiating electromagnetic field limits in the 20th century.

Keywords: electromagnetic field, mechanism, "thermal", "non-thermal" nervous system, energy, absorption, limits, Danilevsky, D'Arsonval

Ряд зарубежных авторов в трудах по истории исследований биологических эффектов ЭМП прямо указывает, что французский ученый Д'Арсонваль (D'Arsonval) является основоположником представления о «тепловом» действии радиочастот на ткани тела как основному значимому биоэффекту [1, 2]. Впоследствии «тепловой» или «энергетический» подход стал основным для нормирования ЭМП радиочастот в США и ряде стран.

В 1897 году профессор В.Я. Данилевский работал совместно с доктором А. Д'Арсонвалем в лаборатории в Collège de France, Париж. Различная исследовательская традиция фактически развела научные представления двух великих ученых, которые в 1897 году работали на одном лабораторном оборудовании, но планировали и ставили опыты по-разному. Обсуждение Данилевским результатов Д'Арсонваля фактически положило начало дискуссии о роли «энергетических» параметров электромагнитного поля «высокой частоты» для реакции нервной системы и системной реакции организма [3].

В.Я. Данилевский критически рассмотрел технику эксперимента Д'Арсонваля и его результаты, прежде всего основываясь на собственном опыте в качестве добровольца и на основе данных, полученных в его экспериментах, в Collège de France. По возвращении в Харьков он провел серию экспериментов с токами «высокой частоты» на расстоянии и проанализировал опубликованные к тому времени работы российских коллег из Императорских университетов Томска, Варшавы и Военно-медицинской Академии в С.-Петербурге [4].

Позиции Данилевского и Д'Арсонваля не совпали по важнейшим положениям о природе биологического эффекта электромагнитного поля высокой частоты. Безусловно, обоснованность позиции профессора Данилевского базировалась на собственных обширных экспериментальные данных по дистанционному электрокинезу «высокой частоты», в том числе экстраполяции данных его физиологической лаборатории и собственном опыте в качестве «добровольца». Использование стандартизованного нервно-мышечного препарата в качестве модели для изучения реакции в разнообразных условиях облучения позволили В.Я. Данилевскому обобщать закономерности и формулировать теоретические положения о механизме и закономерностях биоэффекта.

Если Д'Арсонваль считал, что нерв не чувствителен к наведенным (индуцированным) токам высокой частоты вне зависимости от интенсивности по причине физиологической специализации нервов для раздражимости в определенном диапазоне частот, то Данилевский доказал, что возбудимость нерва значительно повышается. При этом Данилевский впервые описал фундаментальное свойство «последействия» которое отличает биологическую/ физиологическую реакцию на электромагнитное поле от остальных физических факторов - для которых существуют «специализированные» нервные окончания [3,5].

Причиной изменения метаболизма и выделения дополнительного CO_2, по Д'Арсонвалю, был избыток энергии, которая утилизировалась в усиленном окислительном процессе [6,7]. Однако Василий Данилевский, развивая идею о реакции «нерва» применительно к центральной нервной системе, объясняет изменение метаболизма повышением возбудимости нервной системы, а следствием которой становится усиленный «химизм» дыхания [3,4].

Вопрос глубины проникновения наведенных токов в объем тела относится скорее к биоэлектрофизическим, чем к биологическим, и собственные исследования французский и российский исследователи не проводили, ибо прямые исследования такого рода сложны и сейчас. Видимо, представление Д'Арсонваля, что токи проникают в объем тела, надо отнести к тому, что общепринятое представление о зависимости глубины проникновения тока в объем проводника формировались в последней четверти XIX века, и физиолог не всегда имел возможность войти в детали смежной науки. Профессор В.Я. Данилевский, начавший свое образование с физики и, как мы видим из его работ, глубоко разбиравшийся в электрофизике и технике, достаточно ясно представлял существование зависимости объемной плотности наведенного тока от его частоты.

Вместе с тем, роль подводимой электрической энергии «на воздействие на процессы питания и на функциональную деятельность различных органов» не оспаривалась

Данилевским. Он считал, что при введении «громадного количества электрической энергии .... путем индукции или непосредственно проводимой», эта энергия способна проникать глубоко в тело и способна производить «химические разложения» [3].

Таким образом, будет вполне справедливо сделать вывод, что история различного подхода к пониманию природы биологического эффекта переменного электромагнитного поля «haute fréquence» (высокой частоты) начинается с 1897 года. И если Д'Арсонваль исключал эффекты нервной системы и ориентировался только на поглощенную и утилизированную телом энергию, то профессор В.Я, Данилевский имел более широкое представление о реакции организма на «электромагнитное поле» высокой частоты - нервная система реагирует и изменяет свое функциональное состояние даже в тех случаях, когда «энергия» недостаточна для изменения метаболизма, но и энергия, подведенная адекватным способом и в достаточном количестве, безусловно, имеет значение для реакции организма.

Список литературы

1. Cook H., Steneck N., Vander A., Kane G. Early Research on the Biological Effects of Microwave Radiation: 1940-1960. Annals of Science, 37 (1980), P. 323–351

2. Jeremy K. Raine. Electromagnetic field interactions with the human body: observed effects and theories. NASA-CR-166661. National Aeronautics and Space Administration Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland 20771. 1981. P. 123

3. Данилевский В.Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. Часть 2. Дальнейшие опыты по нейро-электрокинезис. - Харьков: паровая тип. и лит. М.Ф. Зильберберг, 1901. с. 95

4. О физиологическом действии электричества на расстоянии: Ист.-крит. обзор лит. вопроса / [Соч.] Д-ра С.И. Костина. [Харьков]. - Санкт-Петербург : К.Л. Риккер, 1899. - 20 с. : ил.; 23.

5. Данилевский В.Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии: 1. Электрическое раздражение нервов // Зап. Харьковск. унив., кн. 1, прилож., стр. 1-96; кн. 2, прилож., стр. 97-208; кн. 3, стр. 209-281. То же отдельным изд. Харьков. 1900. 280 с.

6. D'Arsonval A. Courants a haute fréquenece. / Des Annales d'electrobiologie d'electrotherapie et electrodiagnostic. № 1 - 1898. pp. 2-28

7. S.Reif-Acherman. Jacques Arsene d'Arsonval: His Life and Contributions to Electrical Instrumentation in Physics and Medicine. Part III: High-Frequency Experiences and the Beginnings of Diathermy. Proceedings of the IEEE. Vol. 105, No. 2, February 2017. pp.394 - 404.

ДЕЙСТВИЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ С ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОМ ФОТОРАН Е6 НА САРКОМУ М-1 КРЫС

М.А. Каплан, В.В. Южаков, О.Б. Абрамова, В.В. Дрожжина, Л.Н. Бандурко, Е.А. Береговская, К.С. Корчагина, Т.П. Чурикова, М.Г. Цыганова, А.Е. Корецкая, Ю.С Романко
Медицинский Радиологический Научный Центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального Государственного Бюджетного Учреждения «Национальный Медицинский Исследовательский Центр радиологии» Минздрава России, Обнинск, e-mail: olyabramova@gmail.com

Изучали эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) саркомы М1 крыс с фотосенсибилизатором (ФС) Фоторан Е6, которую оценивали по полной регрессии опухолей (ПР, %) и по девитализации опухолевых клеток путем гистологического исследования на 21 сутки после лечения. Проведение ФДТ с дозой ФС 1,25 мг/кг при плотности энергии лазерного излучения 300 Дж/см^2 и плотности мощности 0,25 Вт/см^2 позволяет достичь ПР у 100% крыс. При патоморфологическом исследовании выживших опухолевых клеток не обнаружено.
Ключевые слова: фотодинамическая терапия, Фоторан Е6, саркома М-1, регрессия опухолей, патоморфология, девитализация опухолевых клеток

EFFECT OF PHOTODYNAMIC THERAPY WITH THE PHOTOSENSITIZER PHOTORAN E6 ON RAT SARCOMA M-1

M.A. Kaplan, V.V. Yuzhakov, O.B. Abramova, V.V. Drozhzhina, L.N. Bandurko, E.A. Beregovskaya, K.S. Korchagina, T.P. Churikova, M.G. Tsyganova, A.E. Koretskaya, Yu.S. Romanko
A. Tsyb Medical Radiological Research Center - branch of the Federal State Budgetary Institution National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, e-mail: olyabramova@gmail.com

Studied the effectiveness of photodynamic therapy (PDT) of sarcoma M1 of rats with a photosensitizer (PS) Photoran E6, which was assessed by complete regression of tumors (PR, %) and devitalization of the tumor cells by histological examination at 21 days after treatment. PDT with a dose of PS of 1.25 mg/kg at a laser radiation energy density of 300 J/cm2 and a power density of 0.25 W/cm2 can achieve PR in 100% of rats. The pathomorphological study of the surviving tumor cells was not found.
Keywords: photodynamic therapy, Photoran E6, M-1 sarcoma, tumor regression, pathomorphology, tumor cell devitalization

Актуальность. Одним из перспективных направлений разработки новых эффективных методов лечения злокачественных новообразований является фотодинамическая терапия (ФДТ). В основе механизма этого метода лечения онкологических больных лежит способность ФС избирательно накапливаться в опухолевых тканях и при последующем воздействии лазерным излучением определенной длины волны на сенсибилизированные ткани вызывать образование синглетного кислорода и других высокоактивных цитотоксических агентов, оказывающих деструктивное действие на злокачественные клетки [1-3]. Необходимо отметить, что важную роль в элиминации опухоли играет не только прямое цитотоксическое действие продуктов фотохимических реакций, но

также нарушение кровоснабжения паренхимы опухолей за счет разрушения сосудов. При создании и изучении эффективности фотохимического действия новых ФС для лечения опухолей особый интерес представляют производные хлоринового ряда с интенсивным поглощением в длинноволновой области спектра (650-670 нм). В данной работе использовали новый отечественный препарат Фоторан Е6, содержащий трисмеглуминовую соль хлорина е6 в комплексе с поливинилпирролидоном.

Цель исследования. Изучение динамики накопления Фоторана Е6 в опухоли и здоровой ткани и эффективности ФДТ с применением данного ФС на параметры регрессии и морфологические характеристики соединительнотканной перевиваемой опухоли.

Материалы и методы. Работа выполнена на самках белых беспородных крыс с имплантированной подкожно с внешней стороны левого бедра саркомой М-1 от животного-опухоленосителя. На 9 сутки после перевивки животных распределяли на две группы – контрольную и опытную. Фоторан Е6 вводили крысам опытной группы внутрибрюшинно из расчета 1,25 мг/кг массы тела при достижении наибольшего диаметра опухолевых узлов 0,8-1,5 см. Динамику накопления ФС в опухоли и здоровой ткани изучали с помощью спектрофлуоресцентного метода на комплексе ЛЭСА-01 «Биоспек».

ФДТ проводили на максимальном индексе контрастности опухоль/здоровая ткань через 2,5 ч после введения ФС. Для лазерного облучения использовали полупроводниковый аппарат «Аткус-2» (λ-662 нм). Плотность энергии лазерного излучения составляла Е – 300 Дж/см^2, плотность мощности Ps – 0,25 Вт/см^2, диаметр светового пятна – 1,5 см., время облучения 20 мин. Опухоли животных контрольной группы не подвергались воздействиям.

Для оценки противоопухолевой эффективности Фоторана Е6 использовали следующие показатели: индекс торможения роста опухоли (ТРО, %) и процент животных в группе с полной регрессией (ПР) опухоли на 21 сут после фотодинамического воздействия [4].

Для гистологического изучения саркомы М-1 животных выводили из опыта под тиопенталовым наркозом в контрольной группе на 30 сутки после перевивки; в опытной группе через 21 сутки после ФДТ. Исследуемые ткани фиксировали в кислой жидкости Буэна. После стандартной гистологической проводки ориентированные фрагменты опухолей и тканей в зоне лазерного воздействия заключали в «Гистомикс». Для морфологических исследований срезы толщиной 5 мкм после депарафинирования окрашивали гематоксилином и эозином и изучали под микроскопом Leica DM 1000 с микрофотосъемкой на цифровую камеру Leica ICC50 HD.

Статистическую обработку полученных результатов для независимых групп выполняли с помощью программ Statistica 6.0. Параметры описательной статистики представлены в виде среднего арифметического значения и стандартной ошибки среднего (M±m). Для оценки уровня значимости межгрупповых различий использовали U-критерий Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты. В течение 3-х часов после интраперитонеального введения Фоторана Е6 в дозе 1,25 мг/кг отчетливо регистрировалось постепенное увеличение накопления препарата в опухоли при статистически значимом различии с исходными значениями (собственной флуоресценцией биологических тканей) при $p<0,01$. Относительно высокая интенсивность флуоресценции препарата отмечалось и в здоровых тканях относительно исходных значений ($p<0,05$). С учетом полученных данных оптимальное время облучения лазером составило 2 – 3 ч после введения ФС.

Согласно полученным данным, до 21 суток после ФДТ с дозой Фоторана Е6 1,25 мг/кг (экстраполяция дозы на человека составляет 0,21 мг/кг) полная регрессия саркомы М-1 при

отсутствии видимой и пальпируемой опухоли отмечена у 100% животных, ТРО составил 100%.

При микроскопическом исследовании у всех крыс контрольной группы на 30 сут после перевивки жизнеспособная паренхима саркомы М-1 просматривалась преимущественно в виде солидных тяжей неравномерной ширины по периферии опухолевых узлов. Центральные области опухолевых узлов были представлены некротизированной тканью с очагами кровоизлияний.

На 21 сутки после ФДТ у крыс с регрессией опухолей на наружной поверхности бедра в области воздействия лазерного излучения были видны поверхностные язвы округлой формы, покрытые плотными струпами. При гистологическом изучении зон фотодинамического воздействия у крыс с ПР опухолей после ФДТ выявлена деструкция саркомы М-1 с замещением очагов повреждения фиброзной тканью и эпителизацией поврежденной поверхности кожи в зоне лазерного облучения. На фоне элиминации опухолевых клеток в области ФДТ отмечались участки повреждения и гибели нормальных тканей. Отчетливо визуализировалось замещение зон повреждения грануляционной тканью с интенсивным ангиогенезом и развитием воспалительной реакции.

Заключение. Результаты проведенных нами комплексных исследований показали, что новый отечественный фотосенсибилизатор Фоторан Е6 даже при низкой дозе введения обладает высокой противоопухолевой активностью in vivo для ФДТ экспериментальной соединительнотканной опухоли. Согласно данным гистологических исследований, у крыс в период полной регрессии саркомы М-1 на 21 сутки после ФТД с Фотораном Е6 в зонах лазерного воздействия выживших опухолевых клеток, которые могут определять рецидивирующий рост саркомы М-1, не обнаружено. Анализ полученных результатов свидетельствует о перспективности применения Фоторана Е6 для фотодинамической терапии солидных злокачественных новообразований.

Список литературы

1. Allison R.R., Moghissi K. Photodynamic Therapy (PDT): PDT Mechanisms //Clin. Endosc. 2013. V. 46, N 1. P. 24-29.

2. Филоненко Е.В, Серова Л.Г. Фотодинамическая терапия в клинической практике // Biomedical Photonics. 2016. Т. 5, № 2. С. 26–37.

3. Южаков В.В., Романко Ю.С., Каплан М.А., Галкин В.Н., Мажуга А.Г., Грин М.А., Бурмистрова Н.В., Фомина Н.К., Бандурко Л.Н., Севанькаева Л.Е., Яковлева Н.Д., Ингель И.Э., Мозеров С.А., Старовойтова А.В. Действие фотодинамической терапии с производным бактериохлорофилла *a* на рост и функциональную морфологию саркомы М-1 крыс // Альманах клинической медицины. 2017. Т. 45, № 4. С. 333-347.

4. Осипчук Ю.С., Дрожжина В.В. Фотодинамическая терапия саркомы М-1 крыс с использованием нового фотосенсибилизатора борхлорин липосомальный лиофилизат // Российский биотерапевтический журнал. 2013. Т.12, № 4. С. 47–50

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛН НА ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РЕАКЦИЮ КРЫС

О.И. Колганова, Л.П. Жаворонков, Л.Н Павлова,*
В.В. Панфилова, О.Ф. Чибисова, Л.К. Шварцбург
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России,
г. Обнинск
*e-mail: o.kolgan.obn@mail.ru

В опытах на крысах-самцах по тесту «открытое поле» показано, что хроническое (8 недель, 5 дней в неделю, 2 часа в день) воздействие микроволн (2-4 ГГц, плотность потока энергии в импульсе 300 мкВт/см^2, длительность импульса 25 мс, циклы свипирования 6 – 1 Гц, время оборота цикла 30 с) вызывает нарушение долговременной памяти у животных.

Ключевые слова: микроволны, крысы, ориентировочно-исследовательская реакция, тест «открытое поле».

EFFECT OF CHRONIC MICROWAVE RADIATION EXPOSURE ON THE ORIENTING-EXPLORATORY RESPONSE OF RATS

O.I. Kolganova, L.P. Zhavoronkov, L.N. Pavlova,
V.V. Panfilova, O.F. Chibisova, L.K. Shvarzburg
A. Tsyb MRRC, Obninsk, Russia

In experiments on male rats, using the open field test, it is shown that chronic (8 weeks, 5 days a week, 2 hours a day) exposure to microwaves (2-4 GHz, pulse power density 300 mW/cm^2, pulse duration 25 ms, sweep cycles 6 – 1 Hz, cycle turn-around time 30s) causes an impairment of long-term memory in animals.

Key words: microwaves, rats, orienting-exploratory response, open-field test

В современных условиях организм человека и животных подвергается сложноорганизованному электромагнитному излучению (ЭМИ) в связи с внедрением во все сферы деятельности человека новых источников разных мощностей, диапазонов частот и режимов модуляции. Весьма чувствительной системой к воздействию ЭМИ является ЦНС [1, 2, 3].

Важным показателем состояния психофизиологической сферы является ориентировочно-исследовательская реакция (ОИР), тестируемая методом «открытого поля». Метод позволяет оценить уровень эмоциональности (страх, беспокойство или заторможенность и т.д.), проявление исследовательского рефлекса, двигательную активность. «Открытое поле» в наших экспериментах представляло собой квадратный (1.0 х 1.0 м), равномерно освещённый манеж, ограниченный непрозрачными бортиками высотой 30 см и расчерченный на 16 равных квадратов (25 х 25 см). Регистрацию поведенческих реакций начинали с момента посадки животного в манеж (в центральную зону, представленную 4-мя срединными квадратами). В природе грызунам, оказавшимся на открытом пространстве, свойственно поспешить в укрытие (у нас – угол манежа), поэтому длительное пребывание крыс в центральной зоне манежа (критерий «лаг-фаза») можно расценить, как проявление

заторможенности, стресса, подавления исследовательского инстинкта. Из критериев оценки поведения животных в тесте «открытое поле» регистрировались следующие: число пересечений квадратов в центре и по периферии манежа, вертикальная активность (вставание на задние лапы), число заходов в углы, стереотипные движения (груминг), количество актов дефекации (число болюсов). Длительность тестирования составляла 10 минут и результаты оценивались раздельно по двум пятиминуткам. Это обусловлено тем, что в норме освоение пространства у крыс происходит преимущественно в первые пять минут, после чего исследовательская реакция, беспокойство и двигательная активность снижаются. Излишняя активность на протяжении всего цикла тестирования свидетельствует о возбужденности животного. Повторное тестирование через несколько суток дает возможность судить о наличии памятного следа. В случае нарушения процессов запоминания (долгосрочной памяти) у крысы при повторном тестировании показатели двигательной активности и длительность лаг-фазы не отличаются от таковых в предыдущем тесте. Крыса не узнаёт обстановку и исследует её, как в первый раз.

Для исследований были взяты самцы крыс Вистар. Облучение животных проводили в безэховой камере в зоне сформированной волны сантиметрового источника ЭМИ излучения (блок из десяти генераторов в диапазоне несущих частот 2-4 ГГц с равным вкладом несущих по мощности). Использовали импульсный режим: суммарная ППЭ в импульсе 300 мкВт/см^2, длительность импульса 25 мс с циклами свипирования 6 – 1 Гц, время оборота цикла 30 сек. Во время облучения крысы находились в решетчатых контейнерах из оргстекла, ограничивающих свободное движение животных, но не нарушающих их теплообмен; продольной осью тела крысы были ориентированы параллельно вектору Е поля. Ежедневная экспозиция (5 раз в неделю по рабочим дням) составляла 2 часа. Всего крысы получили по 40 сеансов облучения, таким образом, период хронического воздействия длился около двух месяцев. Животных тестировали за сутки до начала облучения (фоновые показатели), после 11-го, 30-го, 40-го сеанса облучения, а также через два месяца после окончания облучения.

В безэховой камере поддерживались следующие условия микроклимата: температура воздуха 22.0 ± 0.5 ^{o}C, влажность воздуха 50 ± 5 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При тестировании ОИР крыс во все сроки испытаний, как во время хронического облучения, так и после окончания воздействия, достоверных различий между подопытной и контрольной группами выявлено не было. Имелась лишь тенденция (на уровне p=0.1) к различию между опытной и контрольной группами при тестировании животных сразу после окончания облучения (на следующие сутки после 40-го сеанса облучения) в первую пятиминутку по таким показателям, как количество вставаний, заход в углы, двигательная активность в центральной зоне и по периферии манежа.

Анализ изменения динамики ОИР по сравнению с исходным уровнем (фоном) позволяет отметить следующее.

1. **Лаг-фаза**. У контрольной группы по мере тестирования происходит укорочение времени выхода из центральной зоны и сужение разброса этого показателя. Изменения во все сроки исследования становятся достоверно отличными от фонового уровня. Даже при тестировании через два месяца после окончания воздействия продолжительность лаг-фазы у контрольных животных равнялась всего 1.9 ± 0.2 сек (фон = 26.6 ±22.7 сек), что свидетельствует о длительном запоминании контрольными животными знакомой обстановки манежа. В то же время у подопытных животных сохраняется более длительная лаг-фаза, хотя в процессе облучения и регулярного тестирования её продолжительность несколько уменьшается (например, фон = 27.4 ± 19.0 с, после 30-го сеанса 10.7 ± 7.0 с). Однако при

тестировании через два месяца продолжительность лаг-фазы у опытной группы снова возрастает до 21.2 ± 14.4 с, причем наблюдается расслоение подопытной группы на животных с короткой лаг-фазой и животных с длительной лаг-фазой, что говорит о том, что у части подопытных крыс возникли нарушения долговременной памяти.

2. **Количество вставаний**. В первую пятиминутку тестирования у контроля имеет место более сильное, чем у подопытных животных, снижение количества стоек по мере продолжения эксперимента (статистически значимое у контроля и недостоверное – у опытной группы). Через сутки после 40-го сеанса облучения число стоек у контрольных животных составило 38% от исходного уровня, в то время как у подопытных животных – 63%.

3. **Заход в углы**. В первую пятиминутку у контрольных крыс наблюдается достоверное по сравнению с фоном уменьшение заходов в углы почти во все сроки исследования, тогда как у подопытных животных этот показатель сохраняется практически на уровне исходного. Например, через сутки после 40-сеанса облучения число заходов в углы у контрольных животных составило 54 % от исходного уровня, у подопытной группы – 99 % от фонового уровня.

4. **Число пересечений квадратов в центральной зоне и по периферии**. Как и для предыдущих показателей, отмечалась различная динамика двигательной активности контрольных и подопытных крыс: достоверное снижение числа пересечений квадратов по сравнению с фоном у контрольной группы, недостоверное – у подопытной.

Таким образом, хотя воздействие ЭМИ данных параметров не вызывало грубых нарушений ОИР животных, оно всё же сказалось на процессе запоминания животными подопытной группы окружающей обстановки (территории манежа). Отсутствие достоверного снижения по сравнению с фоном у подопытных крыс (в то время как у контроля оно имелось) в первую пятиминутку таких показателей как активность по периферии и в центре манежа, количество вставаний, а также длительная лаг-фаза свидетельствует о том, что подопытные животные при каждом последующем тестировании начинают как бы «заново» осваивать пространство манежа.

Список литературы

1. D'Andrea J.A., Adair E.R., de Lorge J.O. Behavioral and cognitive effects of microwave exposure. // Bioelectromagnetics. 2003. Suppl. 6. S. 39-62.
2. Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И., Посадская В.М. Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС. // Радиация и риск. 2011. Т. 20. № 2. С. 64-74.
3. Григорьев Ю.Г., Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2017. Т. 62. № 2. С. 39-46.

Работа поддержана грантом РФФИ. Номер проекта: 18-413-400004.

ПРОЯВЛЕНИЕ СИНЕРГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

С.Н. Лукьянова[1], В.Г. Петин[2]
[1]ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия
E-mail:lukyanovasn@yandex.ru
[2]Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национального медицинского исследовательского центра радиологии» Минздрава России, 249036, Обнинск, РФ, E-mail: vgpetin@yahoo.com

Приводятся оригинальные результаты, демонстрирующие синергические эффекты при действии электромагнитных полей нетепловой интенсивности. Описаны закономерности проявления синергизма при комбинированных действиях различных факторов, включая одновременное применение гипертермии с ионизирующим излучением, УФ-светом, СВЧ излучением, ультразвуком и различными химическими веществами. Делается вывод об универсальных закономерностях проявления синергических взаимодействий.
Ключевые слова: электромагнитные поля, СВЧ излучение, синергизм, нетепловая интенсивность, комбинированные действия

MANIFESTATION OF SYNERGISTIC EFFECTS UNDER THE ACTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF NON-THERMAL INTENSITY

S.N. Lukyanova[1], V.G. Petin[2]
[1]SRC-FMBC, Moscow, E-mail: lukyanovasn@yandex.ru
[2]A. Tsyb Medical Radiological Research Center – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia.E-mail: vgpetin@yahoo.com

Original results are presented that demonstrate synergistic effects under the action of electromagnetic fields of non-thermal intensity. The regularities of the manifestation of synergism during the combined actions of various factors are described, including the simultaneous application of hyperthermia with ionizing radiation, UV-light, UHF radiation, ultrasound and various chemicals. The conclusion is drawn about the universal patterns of synergistic interactions display.
Keywords: electromagnetic fields, UHF radiation, synergism, non-thermal intensity, combined actions

Одновременное или последовательное действие физических и химических агентов, способных оказывать положительное или вредное биологическое действие на организм человека и биосферу, является реальностью современного мира. Описаны нейроэффекты СВЧ ЭМП (1–10 ГГц) с ППЭ менее или равной 300 мкВт/см^2 при различных: режимах облучения, экспозициях, функциональных состояниях, исходных фоновых значениях, условиях (спонтанная или вызванная активность мозга, изолированное, сочетанное, или комбинированное действие) – в экспериментах на животных и исследованиях с участием испытателей – добровольцев [1]. Приведено доказательство, что ЭМП указанных параметров при однократной экспозиции до 30 мин является слабым раздражителем для ЦНС. В условиях облучения головы, реакция возникает в результате непосредственного действия на

структуры мозга. Важно отметить, что влияние такого ЭМП подчиняется фундаментальным законам физиологии о модификации биологической значимости слабого раздражителя.

Продемонстрирована возможность усиления этих биоэффектов путем повторения кратковременных облучений, их применения на фоне неполноценного функционирования ЦНС, комбинированного или сочетанного действия с другими физическими факторами (свет, звук, электрический ток)[1]. Показано, что каждый из этих путей не является простым и однозначным. Результат определяется: параметрами ЭМП, биологической значимостью его действия, исходным функциональным состоянием биообъекта, наличием факторов иной модальности, экспозицией и последовательностью их применения. Это – полипараметрическая зависимость, которая определяет феноменологию эффекта, биологическую значимость комбинированного действия и объясняет различие результатов (по данным литературы), казалось бы, на одно и то же слабое ЭМП воздействие. Регистрируемые при этом усиления биологических эффектов фактически указывают на возможность синергического взаимодействия электромагнитных полей нетепловой интенсивности с другими агентами.

Сопоставление этих результатов с данными, опубликованными другими авторами [2–4], позволили прийти к выводу о возможности развития различных типов реакций на комбинированное воздействие ионизирующего и неионизирующего излучений: повышение общей реактивности, компенсация функциональных сдвигов на системном и организменном уровнях. Показано, что синергизм возможен на уровне пороговых доз ионизирующего излучения и микроволнового облучения. Эти данные указывают, что усиления биологических эффектов за счет комбинированного действия факторов различной природы реализуется и для ЭМП.

В экспериментальной практике комбинированное и сочетанное действие нашло широкое применение как метод изучения феноменологии, механизма действия и путей усиления биологического эффекта недостаточно изученного воздействия. Что касается ЭМП низкой интенсивности и короткой экспозиции, то в подавляющем большинстве исследований значимые эффекты проявлялись или усиливались в условиях их совместного действия с другими факторами. Целая серия работ совместного действия ЭМП и фармакологических препаратов находит свое применение при анализе механизма низкоинтенсивных электромагнитных излучений.

В итоге, комбинированное и сочетанное действие слабого СВЧ ЭМП с другими факторами может изменить эффект его изолированного действия. Это изменение может сводиться как к усилению, так и к ослаблению его влияния на организм. Полученные результаты целиком согласуются с данными физиологии о сочетанном действии факторов, различных по биологической значимости; о важной роли последовательности их комбинированного применения и длительности этой совместной процедуры.

Описанные закономерности комбинированного применения ЭМП СВЧ диапазона нетепловой интенсивности согласуются с многочисленными результатами, указывающими на универсальность проявления синергических эффектов [5, 6]. В радиобиологии ионизирующих и неионизирующих излучений сложилось устойчивое представление, что в случае синергического взаимодействия повреждений, вызываемых различными агентами, результирующий биологический эффект больше ожидаемой суммы эффектов от каждого фактора в отдельности при их независимом действии. В этом определении принципиально важным является понятие «независимое действие», когда вероятность регистрируемого эффекта, в соответствии с известным положением теории вероятности, определяется произведением вероятностей эффектов, индуцируемых каждым агентом в отдельности. Проблема синергического взаимодействия весьма актуальна для радиобиологии и

радиоэкологии, поскольку негативное действие вредных факторов окружающей среды может быть усилено присутствующими в биосфере различными физическими агентами, включая антропогенный фон неионизирующих электромагнитных излучений, вибрацию, шум, гипертермию, ионизирующее излучение, разнообразные вредные химические вещества.

При рассмотрении синергетических взаимодействий ионизирующих и неионизирующих излучений с другими физическими и химическими факторами окружающей среды особое внимание уделяется анализу закономерностей проявления синергических эффектов, не зависящих от вида используемых объектов, биологических тестов и качества воздействующих агентов. Приводятся данные о куполообразной зависимость синергизма СВЧ излучения или ионизирующего излучения, используемых одновременно с гипертермией – с повышением температуры эффективность синергического взаимодействия вначале возрастает, достигает максимума и затем уменьшается. Приводятся многочисленные данные, демонстрирующих зависимость синергизма от интенсивности применяемых агентов. В этом случае также наблюдалась оптимальная интенсивность физических агентов, при которых регистрируется максимальное синергическое взаимодействие. Эти закономерности отмечены для бактериофага, бактериальных спор, бактерий, дрожжевых клеток различного генотипа, культивируемых клеток млекопитающих и для лабораторных животных. На основании этих данных делается вывод о существовании универсальных закономерностей проявления синергических взаимодействий, которые не зависят от используемого биологического объекта, а также от природы физических и химических факторов, используемых при комбинированных воздействиях.

Работа частично выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области № 18-413-400004а(р).

Список литературы

1. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. М.: ФМБЦ им. А.Н. Бурназяна ФМБА России. 2015. 200 с.
2. Григорьев Ю.Г., Бирюков А.Н. Мобильная связь и здоровье населения: к оценке риска при техногенном электромагнитном загрязнении среды. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2013. Т. 58. 6. С. 44–61.
3. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. М.: Экономика, 2016. 567 с.
4. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. М.: Экономика, 2014. 230 с.
5. Петин В.Г., Жураковская Г.П., Комарова Л.Н. Радиобиологические основы синергических взаимодействия в биосфере. М.: ГЕОС, 2012. 219 с.
6. Petin V.G. Kim J.K. Synergistic Interaction and Cell Responses to Environmental Factors. N.Y.: Nova Publishers, 2016. 337 p.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СНИЖЕНИЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К НЕИОНИЗИРУЮЩЕМУ ИЗЛУЧЕНИЮ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЯМ

P.Miniou, K.Bellouma
Cabinet Médical, La résidence du Port, 29222 Port Launay, France
docteur.pascale.miniou@orange.fr

Цель данной работы - показать, что на возникновение гиперчувствительности к электромагнитным полям могут влиять агрессивные агенты и факторы окружающей среды, которые повышают индивидуальную восприимчивость к неионизирующему излучению путем снижения порога радиобиологической толерантности таким образом, что снижается порог, запускающий биологические реакции на молекулярном и клеточном уровне, появляются функциональные симптомы или даже физические повреждения при превышении регулирующих возможностей организма.

Ключевые слова: неионизирующее излучение, порог толерантности, факторы окружающей среды, биологические эффекты, гиперчувствительность к электромагнитным полям, множественная химическая чувствительность.

MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF THE EFFECT ON THE HUMAN ORGANISM OF LOWERING THE THRESHOLD OF TOLERANCE TO NON-IONIZING RADIATION BY ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING THE EMERGENCE OF ELECTROMAGNETIC HYPERSENSITIVITY

P.Miniou, K.Bellouma
Medical Office La Résidence du Port, 29222 Port Launay, France
docteur.pascale.miniou@orange.fr

The objective of this work is to show that the occurrence of electromagnetic hypersensitivity can be influenced by aggressive agents and environmental factors that increase individual susceptibility to non-ionizing radiation by lowering the radiobiological tolerance threshold, therefore the threshold triggering biological reactions at the molecular and cellular level, with the appearance of functional symptoms or even of physical lesions when the regulating capacities of the organism are exceeded.

Keywords: non-ionizing radiation, tolerance level, environmental factors, biological effects, electromagnetic hypersensitivity, multiple chemical sensitivity.

Введение

Реальность окружающей среды и индивидуальные особенности человека гораздо сложнее, чем в условиях экспериментальных исследований От одного и того же типа воздействия некоторые люди ничего не чувствуют, в то время как другие испытывают реальные страдания, чаще всего без особого биологического ущерба и макроскопических повреждений. Если индивидуальная предрасположенность остается правдоподобной, наш клинический опыт позволяет нам выдвинуть гипотезу, что негенетические факторы, в частности факторы окружающей среды, участвуют в возникновения гиперчувствительности к электромагнитным полям ГЭП, путем снижения порога толерантности организма.

Материалы и методы
Работа в интегративной медицине с подробным анамнезом, использование метода газоразрядной визуализации с электрофотонической оценкой (с заземлением и без заземления), учет влияния геофизических факторов.

Результаты
Мы обнаружили сходство симптомов, описанных больными с ГЭП в соответствии с критериями ВОЗ и симптомами множественной химической чувствительности, и/или мультисистемного инфекционного синдрома и/или фибромиалгии и/или синдрома хронической усталости, и/или нейродегенеративными патологиями, и/или аутоиммунными патологиями, и/или хроническим кандидозом, и/или бернаутом, и что эти медицинские ситуации коррелировались больше, чем другие, с перенесенными инфекциями, вызывающими значительную вирусную, паразитарную или грибковую нагрузку.

Мы обнаружили, что существуют два типа развития ГЭП: медленная и постепенная эволюция или внезапное начало и, что порог толерантности варьируется от одного человека к другому, в зависимости от индивидуальных факторов и внешних факторов, не связанных с типом излучения. Мы также отметили хроническое отсутствие «заземления» у людей в их повседневной жизни и полезный эффект заземления во время электрофотонических оценок, особенно для тех, у кого ГЭП. Мы обнаружили, что возникновение ГЭП может быть связано с перенесенными спинномозговыми травмами, и/или воздействием электрических, химических, биологических, и/или различных неорганических загрязнителей и веществ, и/или биомедицинскими устройствами (кардиостимулятор, инсулиновый насос,и т.п.), и/или материалами и/или имплантатами (стоматологические, внутриматочные устройства), считающимися биосовместимыми. Мы обнаружили, что ответная реакция пациента может быть воспалительной реакцией и тело стремится отторгнуть или уничтожить инородный объект. Нам кажется, что в некоторых случаях возникает «антенный эффект».

Обсуждение
Хотя и кажется нереальным вводить, как и в токсикологии, понятие допустимого или переносимого суточного облучения неионизирующими излучениями, связанными с новыми технологиями, в нашей практике мы рассматриваем их как новую экологическую опасность. Нынешние стандарты во Франции на допустимые уровни ЭМИ учитывают только тепловые эффекты, в то время как мы констатируем, что нетепловые эффекты ЭМИ возникают у людей без локального нагрева биологических тканей.
Научные исследования воздействия электромагнитных полей на организм человека многочисленны. Они показывают существование нетепловых эффектов, а также существование различные механизмов, влияющих на одних людей больше, чем на других. Если результаты иногда оказываются противоречивыми, нам кажется, что это происходит потому, что на результат воздействие электромагнитных волн влияют физические, химические и/или биологические параметры, а также параметры, связанные с индивидуальными особенностями людей, что вызывает различие одних исследований от других.
Похоже, что появление ГЭМ соответствует интенсивной и/или длительной реакции организма, которая охватывает все «каскадные» биологические и биохимические явления, возникающие в результате длительного воздействия электромагнитных излучений и нарушающие гомеостаз. На физиологические возможности адаптации человека влияют различные параметры, которые могут снизить порог толерантности, что оказывает влияние

на здоровье и благополучие в значении определенном ВОЗ. Это реакции на нетепловое воздействие электромагнитных излучений, которые почти не чувствует или совсем не чувствует большинство людей. Но, безусловно, они более интенсивны и/или проявляются очень быстро у лиц с гиперчувствительностью к электромагнитным полям. Это объясняется более быстрой и интенсивной воспалительной реакцией на окислительный стресс с образованием свободных радикалов. «Даже небольшое влияние на концентрацию свободных радикалов может повлиять на множество биологических функций. Продлевая жизнь свободных радикалов, радиочастотные поля могут увеличить вероятность биологического повреждения » [1]. Этот процесс может быть локальным или общим и, как известно, является либо фактором вызывающим патологию, либо усугубляющим фактором [2]. (следовательно, в зависимости от контекста, причиной или следствием патологического воспалительного процесса, включая химический или инфекционный фактор).

В случае проблем со здоровьем, связанных с неионизирующим излучением, знание прошлых событий, таких как поражение электрическим током, неврологические травмы, оценка общей нагрузки на организм [3]. (химические вещества, инфекционные агенты), позволяет оценить влияние факторов окружающей среды. Гиперчувствительность к электромагнитным полям и множественная химическая чувствительность были описаны как два аспекта патологического влияния окружающей среды [4].

Выводы

Порог радиобиологической толерантности к неионизирующему излучению варьируется от одного человека к другому в зависимости от индивидуальной восприимчивости (медицинские и/или травматические предрасположенности и анамнез) и факторов окружающей среды, которые увеличивают нагрузку на организм различных загрязнителей и неорганических веществ, а также инфекционных агентов. Реакция организма на эти факторы способствуют развитию гиперчувствительности к электромагнитным полям.

Список литературы :

1.SAMET J. et al., IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer (IARC), 2013:480. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 102. https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono102.pdf

2.FAVIER A., Stress oxydant et pathologies humaines, Annales Pharmaceutiques Françaises, 2006 Vol. 64 - N° 6 - стр. 390-396.

3.BELYAEV I. et al., 2016. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems an illnesses. Review on Environmental Health. Gruyter Publishing House, 10.1515/reveh-2016-0011.

4.BELPOMME D.et al., 2015. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. Review on Environmental Health. Gruyter Publishing House, 30(4): стр. 251–271

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДНК В КЛЕТКАХ РАЗЛИЧНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Е.А. Никанорова, К.Ю. Иванов, В.И. Нагиба, Г.Л. Паточка, И.А. Варганова, Я.И. Медведев

ФГУП«Российский Федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ экспериментальной физики», Саров, Россия, e-mail: gane@orb2.vniief.ru

Резюме. Результаты сравнительного анализа действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) частотой 1000 МГц *in vivo* на клетки крови и клетки головного выявили повреждения ДНК во всех видах клеток. Повреждения ДНК, оцененные методом «ДНК-комет» также возрастали при сочетанном действии ЭМИ и УФ-излучения.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, УФ-излучение, крысы, клетки крови, клетки головного мозга, повреждения ДНК, метод «ДНК-комет».

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DNA CHANGES IN CELLS OF DIFFIRENT TISSUES UNDER RADIOFREQUNCY ELECTROMAGNETIC IRRADIATION

E.A. Nikanorova, K.Yu. Ivanov, V.I. Nagiba, G.L. Patochka, I.A. Varganova, Ya.I. Medvedev

Russian Federal Nuclear Center - All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics, Sarov, Russia, e-mail: gane@orb2.vniief.ru

Summary. The results of comparative study of rat`s blood cells and brain cells under low-intensity 1000 MHz electromagnetic irradiation (EMI) *in vivo* had revealed the DNA damage induction in both rinds of cells. DNA damage, assessed by “comet assay” was also increased under complex action of EMI and UV-radiation.

Keywords: electromagnetic irradiation, UV-radiation, rats, blood cells, brain cells, DNA damage, Comet assay.

В последние десятилетия электромагнитные излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона стали неотъемлемой частью среды существования человека. В связи с развитием сотовой связи тотальное облучение всего организма сопровождается локальным воздействием на головной мозг. Тем не менее, возможное неблагоприятное влияние частот этого диапазона до сих пор не определено и находится на стадии активного обсуждения уже многие годы [1].

Целью данной работы являлось исследование уровня спонтанных и УФ-индуцированных повреждений ДНК в клетках различных тканей после действия модулированного ЭМИ нетепловой интенсивности частотой 1000 МГц.

Эксперименты выполнены на клетках крови и клетках головного мозга 52 беспородных крыс-самцов, находившихся в условиях стандартного содержания и кормления, массой 180-220 грамм при воздействии *in vivo*.

В ходе исследования были сформированы экспериментальные и контрольные группы животных, в которых уровень повреждений ДНК оценивали в клетках крови и клетках головного мозга. Животных экспериментальных групп подвергали двукратному 30-минутному действию импульсно-модулированного ЭМИ частотой 1000 МГц. Во время воздействия пиковая плотность потока энергии не превышала 85 мкВт/см^2. Контролем служили животные, которых по аналогичной схеме помещали в рабочую зону выключенного генератора ЭМИ.

Уровень повреждений ДНК оценивали с помощью щелочной версии метода «ДНК-комет» [2]. Оценочными критериями являлись: процентное содержание ДНК в «хвосте кометы», длина «хвоста кометы» и величина «хвостового момента». Дополнительно микрогелевые препараты клеток крови и клеток головного мозга подвергали действию тестирующего УФ-излучения с длиной волны 254 нм и мощностью дозы 60 Дж/см^2.

Установлено, что в клетках крови животных экспериментальной группы по всем показателям метода «ДНК-комет» уровень спонтанных и УФ-индуцированных повреждений ДНК был достоверно выше по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$).

Способность модулированного ЭМИ вызывать повреждения ДНК и увеличивать подверженность ДНК генотоксическому действию УФ-излучения была также выявлена в исследованиях на клетках головного мозга. В экспериментальной группе по содержанию ДНК в «хвосте кометы» уровень повреждений был достоверно выше, чем в контроле ($p \leq 0,05$). После действия УФ-излучения значимое превышение уровня повреждений ДНК наблюдали по содержанию ДНК в «хвосте кометы» и величине «хвостового момента» ($p \leq 0,05$).

Таким образом, действие модулированного ЭМИ радиочастотного диапазона на организм приводит к образованию повреждений ДНК в клетках крови и клетках головного мозга. При этом электромагнитное излучение способно увеличивать подверженность ДНК генотоксическому действию УФ-излучения.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитный хаос в оценке опасности для здоровья населения. Кто несет ответственность? // Радиационная биология. Радиоэкология. -2018. –Т.58. -№6. -С.633–645

2. Кузнецова Е.А., Сирота Н.П. Применение метода «комета тест» в радиобиологических исследованиях. // Радиационная биология. Радиоэкология. –2010. –Т.50. -№3. – С.329-339

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЦНС ПО ТЕСТУ ВЫРАБОТКИ УСЛОВНОГО ОБОРОНИТЕЛЬНОГО РЕФЛЕКСА У КРЫС

*Л.Н.Павлова**,*Л.П.Жаворонков,О.И.Колганова*
МРНЦ им. А.Ф.Цыба – филиалиФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г.Обнинск
*e-mail: pavlova.ln@inbox.ru

В опытах на крысах-самцах изучалось влияние хронического (40 сеансов по 2 часа в день) воздействия ЭМП (10 несущих в диапазоне частот 2-4 ГГц, ППЭ в импульсе 300 мкВт/см^2, модулированного импульсами частот ЭЭГ от 1 до 6 Гц в режиме свиппа) на выработку, консолидацию и воспроизведение условного рефлекса избегания (УРИ). Выявлены аномалии в виде нарушения поведения и когнитивных функций, неустойчивости эмоциональной сферы, отклонений со стороны краткосрочной и долгосрочной памяти.

Ключевые слова: крысы, хроническое неионизирующее облучение, шаттл-бокс, поведение, условный рефлекс избегания.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE CHRONIC EXPOSURE OF A LOW_INTENSITY ELECTROMAGNETIC FIELD TO THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM BY THE TEST OF THE DEVELOPMENT OF A CONDITIONED DEFENSIVE REFLEX IN RATS

L.N.Pavlova, L.P.Zhavoronkov, O.I.Kolganova
A.Tsyb MRRC, Obninsk, Russia

In experiments on male rats, the effect of chronic (40 sessions of 2 hours a day) exposure to EMF (10 generators in the frequency range of 2-4 GHz, PES in a pulse of 300 μW/cm^2, modulated by pulses of EEG frequencies from 1 to 6 Hz in the mode swippa) to develop, consolidate, and reproduce the conditioned avoidance reflex (URI). Anomalies were revealed in the form of impaired behavior and cognitive functions, instability of the emotional sphere, deviations from the side of short-term and long-term memory.

Key words: rats, chronic non-ionizing radiation, shuttle-box, behavior, conditioned reflex.

В последние годы все чаще встречаются работы в отечественной и зарубежной литературе об отклонениях со стороны ЦНС при использовании мобильной сотовой связи, действующей в диапазоне радиочастот (950-2700 МГц). Возросшая частота жалоб взрослого населения и наблюдений за состоянием детей (плохое самочувствие, головная боль, быстрая утомляемость, снижение концентрации внимания, памяти, работоспособности) связывается нередко с использованием мобильных телефонов [1,2,3]. Ранее нами показано снижение возбудимости ЦНС и угнетение когнитивных функций у крыс Вистар, вызванное однократным 30-ти минутным воздействием низкоинтенсивного широкополосного импульсно-модулированного ЭМ поля [4,5]. В реальности же население подвергается комплексному воздействию набора источников с разными мощностями, диапазоном несущих частот и режимов модуляции, что дало Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) основание ввести термин «электромагнитное загрязнение окружающей среды». В связи с этим ставится задача изучения хронического воздействия ЭМИ СВЧ диапазона средств мобильной связи на фоне многочастотного электромагнитного «шума» постоянно

работающих бытовых и производственных установок. Особенно важны эти исследования для лиц, связанных с работой или проживанием в этих условиях.

В связи с изложенным, задачей настоящего исследования являлось изучение влияния сложноорганизованного ЭМП, включающего диапазон частот сотовой связи и близкого по параметрам к натурным условиям, при многократном и хроническом воздействии. Животные облучались низкоинтенсивным широкополосным (диапазона несущих частот от 2 до 4 ГГц) ЭМП, модулированным импульсами частот ЭЭГ. Психофизиологический статус после хронического воздействия ЭМИ оценивали по результатам исследований поведения и когнитивных функций мозга, проведенных с помощью теста выработки условного оборонительного рефлекса избегания в камере «Шаттл-бокс». Условно-рефлекторная реакция, являясь весьма сложноорганизованным поведенческим актом, отражает, по существу, комплекс взаимосвязанных процессов высшей нервной деятельности. В ее основе лежат такие физиологические понятия, как доминанта и мотивация, формирующие внимание и сосредоточенность, ассоциативные связи, кодирование и накопление информации в краткосрочной и долгосрочной памяти, а также способность её извлечения в виде воспроизведения навыка. Не менее важной характеристикой поведения в данном тесте является проявление эмоциональности в условиях психогенного стресса. Поликритериальная оценка поведения животных по этой методике позволяет судить даже о незначительных отклонениях функционального состояния высших отделов ЦНС.

Хроническое воздействие ЭМИ изучалось на предварительно обученных крысах (до 60-70% успешных попыток). С этой целью до начала сеансов воздействия ЭМИ проводили 5-6-кратное тестирование в челночной камере с интервалом в 2-3 дня. Показатели обучаемости последнего сеанса тестирования считались фоновыми. Поставлено 2 опыта по 45 животных в каждом, отличающихся лишь режимами свиппирования импульсной модуляции (3→1 Гц в первом опыте и 6 →1 Гц – во втором). а третья – ложному облучению (контроль). После предварительного тестирования животных делили на 3 равноценные по показателям фона группы (по 15 особей в каждой), две из которых подвергались СВЧ-воздействию, а третья – ложному облучению (контроль). В обоих опытах крысам предъявляли по 40 сеансов облучения от 10 несущих в диапазоне частот 2-4 ГГц. Ежедневная экспозиция (5 раз в неделю по рабочим дням) составляла 2 часа. Таким образом, период хронического воздействия длился около двух месяцев. Тестирование на обучаемость проводили в определенные дни периода облучения (через 15, 30 и 40 сеансов в опыте 1 и через 11, 30 и 40 сеансов в опыте 2), оценивая его возможное влияние на устойчивость выработанного навыка как в период хронического облучения, так и в период последействия (через 7, 14, 30 и 60 суток от последнего сеанса облучения). Влияние ЭМИ на каждый срок тестирования оценивалось по разнице изменений между контролем и опытом, а прирост обучаемости вычислялся относительно фона. Все количественные параметры сравнивали по t-критерию Стьюдента, а также использовали критерий ТМФ, U-критерий Вилкоксона-Манна-Уитни и медианный критерий Кси^2.

Метод выработки условного оборонительного рефлекса избегания неоднократно описан нами ранее [5]. Суть метода сводится к тому, что животное на условный раздражитель (свет+звуковой сигнал) должно перебежать в другой (безопасный) отсек двухкамерного устройства («Shattle-box») до подачи на электродный пол безусловного болевого сигнала в виде слабого электрического тока силой в 1 mA Анализ процесса обучения в условно-рефлекторном тесте осуществлялся по наиболее информативным показателям оценки конечной результативности и ряду скоростных показателей процесса обучения, многие из которых сформировались в ходе исследований и предложены нами впервые.

Анализ полученных результатов не выявил статистически значимых различий по показателям конечной результативности обучения между опытными и контрольной группой животных при обоих вариантах режима воздействия. Однако тонкий анализ структуры поведения, динамики процесса обучаемости и воспроизведения навыка в период облучения и последействия позволяет выявить некоторые изменения определенной направленности. Так, уже через 11-15 сеансов облучения и до окончания этого периода выражена тенденция к нарушению процесса воспроизведения выработанного рефлекса и отсутствию прироста обученности по сравнению с фоном. Это прослеживается по показателям числа УРИ, особенно быстрых, удлинению лаг-фазы (латентного периода реакции), увеличению числа отказов и межсигнальных перебежек, запаздыванию стадии стабилизации «работы», о чем свидетельствуют увеличение числа попыток до серии из 5 и более УРИ подряд (показатель обученности), а также увеличение числа серий УРИ с одновременным укорочением их длительности. В период последействия выявленные отклонения по скоростным параметрам и стабильности работы в опытных группах сглаживаются, а через 2 месяца у крыс подопытных групп по ряду показателей обнаруживается даже некоторая стимуляция процесса накопления УРИ.

Описанные различия выражены в виде тенденции. Их можно охарактеризовать как некоторое увеличение вариабельности тестируемых показателей. Однако они имеют место при обоих режимах воздействия, выявляются даже на предварительно обученных животных и свидетельствуют о том, что длительное хроническое ЭМИ в указанных режимах и условиях облучения может привести к некоторому угнетению процесса воспроизведения выработанного навыка.

Работа поддержана грантом РФФИ. № проекта: 18-413-400004

Список литературы

1. *Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Горбунова Н.В.* Психофизиологические показатели детей-пользователей мобильной связью. Сообщение 2. Результаты четырёхлетнего мониторинга // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51, № 5. С. 617-623.

2. *Васильева Т.И., Добрикова Е.А.* Влияние электромагнитных полей сотового телефона на адаптационные процессы организма человека // VI съезд по радиационным исследованиям: тезисы докладов. М. 2010. Т. 2. С 164.

3.*Hosking B.* Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use // Occup. Med. 1998. V. 48, N 6. P. 357-360.

4.*Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И. и др.* Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС // Радиация и риск. 2011. Т. 20, №2. С. 64-74.

5.*Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В.* Влияние низкоинтенсивного широкополосного импульсно-модулированного электромагнитного поля на когнитивные функции мозга // Радиация и риск. 2013. Т. 22, №2. С. 91-100.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ ДИАПАЗОНА СРЕДСТВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ОНТОГЕНЕЗ ПОТОМСТВА

Панфилова В.В., Колганова О.И., Чибисова О.Ф.
Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф.Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава РФ, Обнинск
e-mail: whiskas04@yandex.ru

В опытах на крысах Вистар изучалось влияние хронического воздействия ЭМИ диапазона мобильной связи на ранний постнатальный онтогенез потомства. Облучение проводилось в безэховой камере от генератора с частотой 1800 МГц при ППЭ 85 мкВт/см^2. Удалось установить, что хроническое немодулированное ЭМИ не оказывает существенного влияния на течение беременности самок и раннее постнатальное развитие их потомства первого поколения.

Ключевые слова: крысы Вистар, хроническое облучение, диапазон частот мобильной связи, онтогенез, потомство

THE EFFECT OF CHRONIC EXPOSURE TO RADIATION RANGE OF MOBILE COMMUNICATION IN THE EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS OF POSTERITY

Panfilova V. V., Kolganova O. I., Chibisova O. F.
A.Tsyb Medical Radiological Research Center – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation
e-mail: whiskas04@yandex.ru

In experiments on Wistar rats we investigated the effect of chronic EMR exposure range of mobile communications in the early postnatal ontogenesis of posterity. The irradiation was carried out in an anechoic chamber from a generator with a frequency of 1800 MHz at PPE 85 mW/cm2. It was found that chronic unmodulated EMR HAS no significant effect on the course of pregnancy of females and early postnatal development of their offspring of the first generation.

Key words: Wistar rats, chronic irradiation, mobile communication frequency range, ontogeny, offspring

Представленный в отечественной и зарубежной литературе материал [1-3] показывает, что воздействие на организм низкоинтенсивного электромагнитного поля (ЭМП), при определенных условиях может вызвать реакции различных функциональных систем. Особое место в последние годы занимает проблема оценки влияния на организм ЭМИ мобильной сотовой связи, действующей в диапазоне радиочастот (950-2700 МГц) [4-7].

Главной задачей настоящего исследования являлось изучение влияния ЭМИ диапазона частот сотовой связи при хроническом воздействии. Для оценки влияния роли несущей частоты при хроническом воздействии электромагнитного излучения (ЭМИ) в режимах средств мобильной связи на течение и исход беременности, а также на ранний постнатальный онтогенез потомства 15 самцов и 30 самок крыс Вистар подвергали хроническому ЭМИ, частота 1800 МГц, ППЭ 85 мкВт/см^2, 1 час в день, 18 дней. После чего интактных половозрелых самки подсаживали к облученным самцам из расчета 1:2. Начало беременности определяли по наличию сперматозоидов во влагалищных мазках. Беременные самки подвергались электромагнитному облучению тех же характеристик 12 дней. В качестве

контрольной группы использовали ложнооблученных половозрелых самцов и самок крыс, содержащихся в идентичных условиях с подопытной группой.

Анализ последствий, индуцированных немодулированным хроническим ЭМИ, проводили по показателям эмбриональной токсичности, определяли уровень пред- и постимплантационной смертности зародышей, а также совокупность критериев, характеризующих течение беременности и родов у самок и постнатального развития потомства в течении первых 30 дней жизни. У родившихся крысят определяли соотношение полов в помете, суммарную массу тела и ее прирост к 30 суткам по сравнению с исходной при рождении. Учитывали также сроки начала отлипания ушей, обрастания шерстью, появление зубов, и раскрытие глаз, видимые аномалии развития, выживаемость крысят к 30 суткам жизни, число живых крысят в помете к этому сроку.

В результате проделанной работы выявлено: эмбриогенез потомства первого поколения у самок подопытной группы протекает без существенных отклонений от нормы и от показателей контрольной группы. Суммарное число жизнеспособных плодов не отличается от аналогичных показателей контроля. Также беременность и роды у самок подопытной группы протекает нормально, не отличаясь от течения беременности у самок группы контроля. По полученным данным удалось установить, что хроническое немодулированное ЭМИ не оказывает существенного влияния на течение беременности самок и раннее постнатальное развитие их потомства первого поколения. Однако, при анализе всей совокупности показателей пре- и постнатального развития животных подопытной группы оказалось, что немодулированное ЭМИ оказывает некоторое негативное воздействие (на уровне тенденции) на развитие животных.

Данная работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-413-40004.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Иванов А.А. , Лягинская А.М. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента). Сообщения 1, 2, 3, 4, 5. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50, № 1. С. 5-36.
2. Thomas S., Heinrich S., von Kries R., Radon K. Exposure to radio-frequency electromagnetic field and behavioral in Bavarian children and adolescent // Europ. J. Epidemiology / 2010.V.25, № 2. P. 135-141.
3. Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Павлова Л.Н., Колганова О.И. и др. Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС // Радиация и риск. 2011. Т. 20, №2. С. 64-74.
4. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологичексие и гигиенические проблемы, прогноз опасности. М.: Экономика, 2016. 567 с.
5. Sun C., Wei X., Fei Y. et al. Mobile phone signal exposure triggers a hormesis-like effect in Atm+/+ and Atm-/- mouse embryonic fibroblasts // Sci. Rep. 2016. V. 6. P. 37423.
6. Jargin S.V. Hormesis and radiation safety norms: Comments for an update // Hum Exp. Toxicol. 2018. V. 37. P. 1233-1243.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СУБНАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК ЛИНИЙ JURKAT И SKOV3

А.А. Петров[1], А.А. Моралева[1,2], Н.А. Антипова[1,2,4], Р.Х. Амиров[3], И.С. Самойлов[3], Н.В. Пестовский[1], С.Ю. Савинов[1]

1 Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, 119991, petrov@oivtran.ru
2 Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Миклухо-Маклая 12, Москва, Россия, 115432, moraleva_a@gmail.com
3 Институт высоких температур РАН, Ижорская 13, Москва, Россия, 125412, pulse@ihed.ras.ru
4 Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, antipova.nadine@gmail.com

Исследуется воздействие высоковольтного импульсного электрического поля субнаносекундного диапазона на опухолевые клетки человека SKOV-3 и Jurkat. Обработка клеток велась импульсным электрическим полем с напряженностью до 3 кВ/см в течении 5 мин с частотой до 200 Гц. Показано, что обработка импульсным электромагнитным полем снижает жизнеспособность опухолевых клеток. При этом наибольшее воздействие оказывается на активно делящиеся клетки.

Импульсное высоковольтное электромагнитное поле, SKOV3, Jurkat

ACTION OF SUBNANOSECOND PULSED ELECTROMAGNETIC FIELD ON JURKAT AND SKOV3 CELLS

A.A. Petrov[1], A.A. Moraleva[1,2], N.A. Antipova[1,2,4], R.Kh. Amirov[3], I.S. Samoylov[3], N.V. Pestovskii[1], S.Yu. Savinov[1]

1P.N.Lebedev Physical Institute of RAS, Leninskii pr. 53, Moscow, 119991, Russia, petrov@oivtran.ru,
2 IBCH RAS, Micklucho-Macklaya 12, 115432, Russia, *moraleva_a@gmail.com*
3JIHT RAS, Izhorskaya str. 13, 125412, Russia, pulse@ihed.ras.ru
4 RUDN University, Micklucho-Macklaya 6, 117198, Moscow, Russia

Action of high-voltage pulsed electromagnetic field of subnanosecond range on tumor cells Skov-3 and Jurkat is studied. The cells were treated with a pulsed electric field with an intensity of up to 3 kV / cm for 5 min with a frequency of up to 200 Hz. It was shown that treatment with a pulsed electromagnetic field reduces the viability of tumor cells. In this case, the greatest impact is on actively dividing cells.

Pulsed high-voltage electric field, SKOV3, Jurkat

Обработка тканей импульсными электромагнитными полями наносекундного диапазона является перспективной методикой терапии опухолевых заболеваний человека [1], [2]. Установлены некоторые из механизмов воздействия наносекундных импульсных

электромагнитных полей на клетки и ткани. Было показано, что с помощью воздействия наносекундных импульсных электромагнитных полей на клетки и ткани возможно инициировать апоптоз, влиять на внутриклеточный химический состав, а также напрямую воздействовать на ДНК и другие внутриклеточные структуры [1], [3], [4].

Не смотря на большое количество работ, посвященных изучению влияния наносекундных электрических полей на опухолевые клетки, воздействие субнаносекундных и широкополосных электрических полей исследовалось лишь в единичных работах [5], [6]. Высокочастотные моды электромагнитного импульса с частотой более 1 ГГц не экранируются мембраной клетки, для которой характерное время поляризации несколько наносекунд [7]. Таким образом, предполагается, что для воздействия на внутренние структуры клетки целесообразно использование электромагнитных импульсов субнаносекундного диапазона [5].

В настоящей работе нами была поставлена задача исследовать влияние импульсных электрических полей субнаносекундного диапазона на пролиферацию опухолевых клеток человека Jurkat, SKOV3. Актуальность данной задачи обусловлена возможностью применения наносекундных импульсных электрических полей с субнаносекундной длительностью нарастания для модуляции клеточных функций при физической терапии онкологических заболеваний.

Для решения поставленной задачи мы изготовили экспериментальный комплекс для обработки опухолевых клеток в суспензии или на субстрате высоковольтным импульсным сверхширокополосным электромагнитным полем субнаносекундного диапазона. Клеточную культуру размещали в тефлоновой кювете, объемом 0.15 мл, в коаксиальном волноводе. Волновод подключали к двухканальному твердотельному высоковольтному генератору FID2-25. Длительность импульсов напряжения 7 нс, амплитуда +/- 12..25 кВ, длительность нарастания 150 пс, частота до 3 кГц. Измерения напряженности электрического поля в подводящих коаксиальных линиях, а также непосредственно в рабочем объеме проводили при помощи широкополосных емкостных делителей. Также проводили оптическую и спектральную диагностику излучения клеточной среды в рабочей части реактора. Амплитудное значение напряженности электрического поля в клеточной среде до 3.5 кВ/см.

При амплитуде импульса выше 22 кВ, в кювете с клеточной средой в газовых пузырьках инициируются газоразрядные процессы, при этом излучение молекулярных линий азота также может оказывать воздействие на клетки.

Клетки человека аденокарциномы яичника линии SKOV3 и Т-клеточной лимфомы линии Jurkat культивировали при 37°C и 5% CO_2 в среде DMEM и RPMI 1640 соответственно, содержащей 10% бычий эмбриональной сыворотки, 0.9% пирувата натрия, 0.01 M HEPES, глутамин, пенициллин и стрептомицин. В ряде экспериментов клетки SKOV3 синхронизировали в G0 клеточного цикла истощением сыворотки в течение 3 суток. Затем, для получения клеток, синхронизованных G1 и S фазах клеточного цикла клетки помещали в полную среду на 6 и 16 ч соответственно. Контроль синхронизации осуществляли с помощью мечения BrdU.

Клетки SKOV3, отделенные трипсином (0,25%), и Jurkat осаждали при 300 g и ресуспендировали в свежей культуральной среде в концентрации 10^7 кл/мл и 100 мкл клеточной суспензии помещали в тефлоновые кюветы. Затем данные образцы обрабатывались высоковольтным импульсным электромагнитным полем субнаносекундного диапазона в течение 5 мин при частоте следования импульсов 100 Гц и 200 Гц, и напряженности поля внутри клеточной среды 3 кВ/см и 2 кВ/см (соответствует амплитуде импульса 24 кВ и 20 кВ). Через 2 ч после обработки клетки осаждали при 300 g, в случае клеток SKOV3 предварительно промывали PBS, отделяли трипсином (0,25%). Осадок затем

ресуспендировали в свежей культуральной среде и подсчитывали клетки, используя метод включения трипанового синего. Клетки инкубировали в течение 40 мин с родамином Rh123 в конечной концентрации 0,1 мкг/мл, при 37°C, осаждали при 300 g, дважды промывали PBS и помещали 100 мкл клеточной суспензии 10^7 кл/мл в 96-луночные планшеты и измеряли флуориметрически (490 нм) с использованием планшет-ридера Perkin Elmer Fusion α-FP HT.

Часть клеток после обработки импульсным электромагнитным полем высевали по 10^5 клеток в 100 мл в 96-луночные планшеты и культивировали при 37°C и 5% CO_2. Культуральную среду заменяли на 4 день и добавляли ресазурин/аламаровый синий (Invitrogen) в конечной концентрации 50 мМ. Через 8 ч восстановление ресазурина измеряли флуориметрически (570/600 нм) с использованием планшет-ридера Perkin Elmer Fusion α-FP HT.

Через 2 часа после обработки клеток импульсным электромагнитным полем при выбранных режимах по включению трипанового синего для клеток SKOV3 и Jurkat было выявлено 50% и 10% клеточной гибели по сравнению с контролем соответственно. Анализ жизнеспособности клеток после облучения проводили с помощью колориметрического теста на цитотоксичность с помощью окрашивания ресазурина (аламаровый синий). Для клеток SKOV3, обработанных в течении 5 мин с частотой импульсов 100 Гц и напряженности поля в среде 3 кВ/см жизнеспособность снижалась на 30%, для амплитуды 2 кВ/см и 200 Гц после 5 минут обработки жизнеспособность снижалась на 20%, для 2 кВ/см и 100 Гц на 10% по сравнению с контролем. Для клеток Jurkat, обработанных при 100 Гц 5 мин, 3 кВ/см жизнеспособность снижалась на 20%, для 2 кВ/см, 100Гц, 5 мин на 5% по сравнению с контролем.

Жизнеспособность митохондрий оценивали по уровню Rh123, преимущественно накапливающимся в эффективно функционирующих митохондриях. Так обработка импульсным полем снижала жизнеспособность митохондрий на 60% для клеток SKOV3 и не влияла на жизнеспособность митохондрий для клеток Jurkat. Для клеток SKOV3 синхронизованных в G0 периоде обработка при 100 Гц, 2 кВ/см, 5 мин, не влияла на жизнеспособность, для клеток, синхронизованных перед обработкой в G1 и S фазах жизнеспособность по сравнению с контролем снижалась на 10% и 30% соответственно. Таким образом, наибольшее воздействие обработка импульсным электромагнитным полем оказывает на активно делящиеся клетки.

Таким образом, было показано, что обработка импульсным электромагнитным полем снижает жизнеспособность опухолевых клеток. Дальнейшее исследование поможет глубже понять механизмы подавления метаболической активности клеток, а также повысить эффективность применения импульсных электромагнитных полей субнаносекундного диапазона в терапии онкологических заболеваний.

Работа поддержана РНФ, грант № 18-79-00312.

Список литературы

1. Tina Batista Napotnik, Matej Reberšek, P. Thomas Vernier, Barbara Mali, Damijan Miklavčič, Effects of high voltage nanosecond electric pulses on eukaryotic cells (in vitro): A systematic review // Bioelectrochemistry 110 (2016) 1–12. doi:10.1016/j.bioelechem.2016.02.011

2. Stephen J. Beebe, Nova M. Sain and Wei Ren. Induction of Cell Death Mechanisms and Apoptosis by Nanosecond Pulsed Electric Fields (nsPEFs) // Cells. 2013. 2. 136-162

3. Karl H. Schoenbach. From the basic science of biological effects of ultrashort electrical pulses to medical therapies // Bio Electro Magnetics. 2018. https://doi.org/10.1002/bem.22117

4. Skeate J.G., Da Silva D.M., Chavez-Juan E., Anand S., Nuccitelli R, Kast W.M. Nano-Pulse Stimulation induces immunogenic cell death in human papillomavirus-transformed tumors and

initiates an adaptive immune response // (2018) PLoS ONE 13(1): e0191311
5. Cabuy E. Pulsed Electric Fields in Cancer Treatment. Reliable Cancer Therapies. Energy-based therapies. 2012; 5(2), 1-30
6. Schoenbach K.H., Xiao S., Joshi R.P., Camp J.T., Heeren T., Kolb J.F., Beebe S.J.. The effect of intense subnanosecond electrical pulses on biological cells // IEEE Trans. Plasma Sci. 2008; 36(2):4 14- 22.
7. Ravindra P. Joshi, and Qin Hu. Case for Applying Subnanosecond High-Intensity, Electrical Pulses to Biological Cells // IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 58, no. 10, 2011

СОСТОЯНИЕ КЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛОЖНОМОДУЛИРОВАННОГО ЭМИ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Рохмистрова Е.Г., Ананьева Ю.Е., Захарова О.А., Лабынцева О.М.
ФГУП Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики, Россия, 607190, г. Саров, Нижегородская обл., пр. Мира 37
Тел. (83130) 6 96 13, факс(83130) 3 63 00

В работе приведены результаты исследования влияния модулированного электромагнитного излучения (ЭМИ) с частотой несущей 1 ГГц и плотностью потока энергии 85,0 мкВт/см^2 на состояние клеточного метаболизма мелких лабораторных животных (крыс). Показано, что воздействие модулированного ЭМИ нетепловой интенсивности приводило к активации нейтрофильного звена иммунитета, увеличению цитотоксического потенциала и биоцидных свойств нейтрофилов, а также к эндогенной интоксикации крови лабораторных животных продуктами свободно радикального окисления и сдвигу в системе гомеостаза организма на уровне белковых молекул.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, кровь, эндогенная интоксикация.

STATE OF CELLULAR METABOLISM AFTER THE ACTION OF COMPLEX MODULATED EMR OF NON-THERMAL INTENSITY

Rokhmistrova E.G., Ananieva Yu.E., Zakharova O.A., Labyntseva O.M.
Russian Federal Nuclear Center, All-Russian Research Institute of Experimental Physics, Russia, 607190, Sarov, Nizhny Novgorod region, Mira str. Tel. (83130) 6 96 13, fax (83130) 3 63 00

The results of the study of the effect of modulated electromagnetic radiation with a carrier frequency of 1 GHz and the energy flux density 85mkW/sm^2 on the state of cellular metabolism of small laboratory animals (rats) are presented. It was shown that the modulated electromagnetic radiation of non-thermal intensity led to the activation of the neutrophil immunity, increase in cytotoxic potential and biocide properties of neutrophils, endogenous intoxication in the blood of laboratory animals by the products of free radical oxidation and the shift in the system of homeostasis at the level of protein molecules.

Key words: electromagnetic radiation, blood, endogenous intoxication.

Введение

За последние десятилетия возник и сформировался новый значимый фактор окружающей среды - электромагнитное поле антропогенного происхождения. С каждым годом возрастают уровни мощности модулированного электромагнитного излучения, создаваемые всевозможными искусственными источниками, такими как радиопередающие центры, радиолокационные установки, системы сотовой и спутниковой связи, технологические установки в промышленности. Хотя накоплен большой экспериментальный материал по воздействию ЭМИ различных частот и уровней мощности на различные биообъекты однозначного ответа о реакции со стороны отдельных биологических субстратов, метаболических процессов и функциональных систем организма пока нет [1,2]. Целью настоящего исследования было изучение ответной реакции организма на воздействие модулированного ЭМИ нетепловой интенсивности на клеточном уровне.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись белые беспородные крысы-самцы весом 180-220 г в количестве 32 голов, находившиеся в стандартных условиях содержания вивария. Животных делили на 2 группы (экспериментальная и контрольная) по 16 штук.

В качестве источника ЭМИ использовали экспериментальную радиотехническую систему, включающую генератор (Agilent Technologies), усилитель (Amplifier Research) и рупорную антенну. Контроль уровня ППЭ осуществляли с помощью прибора П3-41 (Нижний Новгород, ГК «ПиТОН»).

Воздействующим фактором являлось модулированное ЭМИ (последовательность прямоугольных монополярных импульсов с амплитудной модуляцией) с частотой несущей 1 ГГц и плотностью потока энергии 85,0 мкВт/см^2.

Животных экспериментальной группы подвергали однократному действию ЭМИ в течение 30 минут при удалении биообъекта на 2,5 м от источника излучения, контрольной группы – мнимому воздействию. Забор крови проводили через сутки после окончания воздействия ЭМИ или мнимого воздействия.

Для оценки действия низкоинтенсивного модулированного электромагнитного излучения (ЭМИ) на организм лабораторных животных исследовали функциональное состояние нейтрофилов методом определения активности миелопероксидазы (МПО) и по реакции восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест) [3], оценивали интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) [4], а также уровень эндогенной интоксикации путём определения общего количества молекул средней массы (ВСиНММ) [5].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили общепринятыми методами [6]. Различия между сравниваемыми величинами считали статистически достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов показал, что воздействие модулированного ЭМИ на лабораторных животных приводило к повышению миелопероксидазной активности в нейтрофильных гранулоцитах на 17 %, $p \leq 0,001$ по сравнению с контрольным уровнем. Показатели спонтанного НСТ-теста после воздействия модулированного ЭМИ на животных значительно отличались от контрольных значений. Отмечено повышение метаболической активности нейтрофилов - общее количество НСТ-позитивных клеток (% НСТ+) и индекс активности нейтрофилов (ИАН) возросло на 42 %, $p \leq 0,05$ и 44 %, $p \leq 0,05$ соответственно. При стимуляции нейтрофилов зимозаном достоверных отличий между показателями НСТ-теста подопытной и контрольной групп не выявлено. Выявленные изменения метаболической активности нейтрофилов указывают на то, что ЭМИ приводило к стимуляции неспецифического клеточного иммунитета.

Модулированное электромагнитное излучение вызывало интенсификацию процессов перикисного окисления липидов - содержание вторичного продукта свободнорадикального окисления – малонового диальдегида (МДА) превышало контрольный уровень на 15 %, $p \leq 0,05$. Наблюдалось увеличение спонтанного уровня МДА на 9 %, что указывало на снижение концентрации антиокислительных соединений в сыворотке крови крыс.

Вследствие активации метаболизма и интенсификации процессов протеолиза в ответ на воздействие модулированного ЭМИ происходил подъем уровня веществ катаболического пула (на 5 %, $p \leq 0,05$), что может быть обусловлено нарушением выведения продуктов распада из организма животных.

Таким образом, воздействие модулированного ЭМИ на лабораторных животных приводило к активации окислительного метаболизма клеток и увеличению продукции

активных форм кислорода, возможно, посредством конформационных изменений в активных центрах мембраносвязанных ферментов [7,8]. С этим, вероятно, связано повышение цитотоксического потенциала и биоцидных свойств нейтрофилов, что проявляется в значимом увеличении активности миелопероксидазной и НАДН-оксидазной систем нейтрофилов, приводящих в выработке $O_2^{\bullet}$, HOCl. Продукты свободнорадикального окисления оказывали повреждающее действие на мембранные белки, вследствие чего происходила их деградация и образование токсических фрагментов – молекул средней массы. Это обусловливает увеличение катаболического пула молекул средней массы, развитие эндогенной интоксикации крови лабораторных животных и сдвиг в системе гомеостаза организма на уровне белкового обмена.

Выводы

1. Применение модулированного ЭМИ нетепловой интенсивности активировало нейтрофильное звено иммунитета, повышало цитотоксический потенциал и биоцидные свойства нейтрофилов, что проявлялось в увеличении миелопероксидазной (на 17 %, $p \leq 0,001$) и фагоцитарной (на 42 %, $p \leq 0,05$) активности, стимуляции кислородзависимых процессов нейтрофилов (на 44 %, $p \leq 0,05$).

2. Воздействие модулированного ЭМИ приводило к эндогенной интоксикации крови лабораторных животных продуктами свободнорадикального окисления и сдвигу в системе гомеостаза организма на уровне белковых молекул, стимулируя процессы пероксидации на 15 % ($p \leq 0,05$) и увеличивая катаболический пул молекул средней массы на 5 % ($p \leq 0,05$).

1. Григорьев О.А. Электромагнитные поля и здоровье человека. Состояние проблемы / Григорьев О.А. // Энергия: Экон., техн., экол. - 1999. - № 5. – С.26-32.
2. Морфологические реакции на воздействие электромагнитного излучения нетепловой интенсивности как фактор изменения протеолитической активности пепсина // В.Б. Иванов и др.// Вестн. новых медицинских технологий. - 2002. - N 2. - С.11-12.
3. Медицинские лабораторные технологии: Справочник Т. 2 / под ред. А.И. Карпищенко. – СПб.: Интермедика, 1999. - 512 с.
4. Кузьменко Д.И., Лаптев Б.И. Оценка резерва липидов сыворотки крови для перекисного окисления в динамике окислительного стресса у крыс / Д.И.Кузьменко, Б.И. Лаптев // Вопросы медицинской химии. – 1999. - №1. - С.15-18.
5. Копытова Т.В. Механизмы эндогенной интоксикации и детоксикации организма в норме и при морфо-функциональных изменениях в коже: автореф. дисс. д-ра биол. наук./ Нижний Новгород, 2007.
6. Гланц С. Медико-биологическая статистика: практика / С.М. Гланц. - М: Наука, 1999. - 459 с.
7. Пономарев В.О., Новиков В.В. Влияние низкочастотных переменных магнитных полей на скорость биохимических реакций, протекающих с образованием активных форм кислорода. / Молекулярная биофизика. - 2009. - Т. 54, вып. 2. - С.235-241.
8. Замай Т.Н., Маркова Е.В., Титова Н.М. Особенности функционирования клеточной мембраны в условиях воздействия электромагнитного поля. // Вестник Красноярского университета. - 2003. - №5. - С.21-29.

ИЗМЕНЕНИЯ НЕЙРОНОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОСТРОМ НЕРАВНОМЕРНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ОБЛУЧЕНИИ

В.П. Федоров[1], И.Б. Ушаков[2], О.П. Гундарова[3]
[1]ФГБВОУ ВО «Воронежский государственный институт физической культуры», Воронеж, Россия; [2]Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия; [3]ФГБВОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»

Резюме. В эксперименте на крысах, подвергшихся электромагнитному облучению (10 мВт/см^2, 60 мин; 100 мВт/см^2, 6 мин; 300 мВт/см^2, 2 мин) с одинаковой УПМ, но разное количество времени показано, что при одинаковой энергетической экспозиции выраженность изменений в нейронах коры головного мозга зависит от интенсивности микроволнового воздействия и площади облучаемой поверхности.

Ключевые слова: неионизирующее излучение, головной мозг, нейроны лобной коры, нейроморфологические изменения.

CHANGES IN NEURONS OF THE CEREBRAL CORTEX IN ACUTE UNEVEN ELECTROMAGNETIC IRRADIATION

V.P. Fyodorov[1], I.B. Ushakov[2], O.P. Gundarova[3]
[1]Voronezh State Institute of Physical Culture, Voronezh, Russia; [2]Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia; [3]Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia; [3]Privolzhsky Research Medical University, Nigni Novgorod, Russia.

Summary. In an experiment on rats exposed to electromagnetic irradiation (10 mW / cm^2, 60 min; 100 mW / cm^2, 6 min; 300 mW/cm^2, 2 min) with the same UPM, but a different amount of time it was shown that at the same energy exposure, the severity of changes in the neurons of the cerebral cortex depends on the intensity of the microwave exposure and the area of the irradiated surface.

Key words: non-ionizing radiation, brain, neurons of the frontal cortex, neuromorphological changes.

Перспективной задачей современной неионизирующей радиобиологии является определение максимальных доз термического воздействия для различных тканей и систем с учетом степени их радиорезистентности [1, 2, 3]. Определенные условия для решения этой задачи создаются при неравномерном облучении микроволнами (МКВ). При общем облучение организма животных микроволнами преобразование электромагнитной энергии в тепло происходит как в самой ЦНС, так и в других участках тела. Используя различную топографию облучения, где происходит трансформация энергии, можно оценить радиопоражаемость и «заинтересованность» (прямую или опосредованную) того или иного органа в формировании церебральных феноменов. В связи с изложенными обстоятельствами нами было проведено несколько серий экспериментов, в которых оценивались наиболее значимые морфофункциональные эффекты, выявленные при неравномерном микроволновом облучении в коре больших полушарий головного мозга.

Объектом исследования служили 246 беспородных белых крыс-самцов массой 250±10 г, подвергавшихся в безэховой камере электромагнитному облучению частотой 2,4 ГГц, с ППЭ 10 – 300 мВт/см^2. Предварительно каждое животное условно разделялось на 4 сегмента

с соотношением масс 1:1:1:1 (по 25%) в краниокаудальном направлении: I-головной, II-грудной, III - брюшной и IV - каудальный. При этом I и III сегменты или оба вместе оставались незащищенными, что обеспечивало неравномерность облучения. Изучены режимы воздействия: 10 мВт/см^2, 60 мин; 100 мВт/см^2, 6 мин; 300 мВт/см^2, 2 мин. т.е. животные облучались с одинаковой УПМ, но разное количество времени.

Проведенные исследования показали, что сразу после облучения как головы, так и живота (ППЭ 300 мВт/см^2) в течение 2 мин значимые изменения в нейронах не выявляются [3 4]. При совместном облучении головы и живота изменения отчетливо выявляются, что приводит к достоверному снижению показателя нервно-клеточного индекса, свидетельствующее о гибели некоторых нейронов. При общем равномерном облучении изменения становятся более полиморфными, хотя и имеют индивидуальные особенности. Такие же изменения наблюдались и при облучении крыс в течение 6 мин (ППЭ 100 мВт/см^2). При облучении крыс аналогичной ЭЭ в течение 60 мин (ППЭ 10 мВт/см^2) значимые изменения нейронов выявляются сразу после облучения головы и более выраженными они становятся после общего облучения. Примечательно, что при облучении головы ядра нейронов имеют тенденцию к набуханию и если одна и та же доза получена за более длительный промежуток времени, то кариометрические показатели были практически однородными. При облучении в течение 6 мин (ППЭ 100 мВт/см2) размеры ядер становятся однородными, а при облучении в течение 60 мин (ППЭ 10 мВт/см2) практически все ядра становятся одинаковыми по объему и укладываются в класс логарифмов 1,8 – 2,1. Таким образом, при более длительном облучении головы мелкоядерные нейроы набухают, а крупноядерные сморщиваются, и вся нейронная популяция становится более однородной. Если в поле облучения попадает живот, то ядра имеют тенденцию к сморщиванию, которое более заметно при увеличении длительности облучения. При облучении в течение 2 мин (ППЭ 300 мВт/см2) кривая распределения ядер по классам логарифмов практически соответствует таковой у контрольных животных. При более длительном облучении (ППЭ 100 и 10 мВт/см2, экспозиция 6 и 60 мин, соответственно) размер ядер нейронов снижается, и вариационная кривая их распределения по классам логарифмов смещается влево. При больших ЭЭ электромагнитного излучения (ППЭ 300 мВт/см2, экспозиция до 6 мин) ядра утрачивают способность реагировать на микроволновое воздействие изменением своего объема, а, следовательно, и изменением своего функционального состояния. Видимо, это связано со структурными изменениями в ядрах, когда большинство из них содержит гетерохроматин, свидетельствующий о снижении функциональной активности ядер и нервных клеток в целом [3, 5]. В раннем восстановительном периоде было заметно увеличение количества пикноморфных и распавшихся клеток, а численность нейронов с функциональными изменениями (гипо- и гиперхромные) увеличивается незначительно. Видимо существует какое-то количество клеток (дежурных), отличающихся более высокой чувствительностью к микроволновому облучению по сравнению с их основной популяцией. Причем, чем интенсивнее облучение, тем больше деструктивные процессы преобладают над функциональными и пограничными. В то же время выявляются признаки компенсаторно-приспособительного характера, свидетельствующие о определенной устойчивости нервных клеток к данному воздействию.

Ультраструктурные исследования показали, что наибольшей чувствительностью к электромагнитному облучению отличаются структуры нейронов, имеющие отношение к синтезу белка. Сразу после облучения головы в течение 2 мин ППЭ 300 мВт/см2 наблюдалось некоторое набухание и дезориентация цистерн цитоплазматической сети. При облучении живота эти изменения были не выражены. При совместном облучении головы и живота уже постоянно встречается набухание цитоплазматической сети, потеря ею четкой

ориентации и дегрануляция. Вместе с тем наблюдаются признаки ее восстановления в виде выпячивания наружной мембраны кариолеммы с последующим прикреплением к ней рибосом и отделением цистерн в цитоплазму. То есть изменения цитоплазматической сети являются, видимо, обратимыми. Такая же картина практически наблюдается и при общем облучении [3, 4, 5]. Однонаправленные изменения выявлены и при облучении крыс (парциальном и общем) в течение 6 мин с ППЭ 100 мВт/см^2, а также при облучении в течении 60 мин с ППЭ 10 мВт/см^2. На этом фоне структуры обеспечивающие межнейрональную интеграцию (синапсы, гематоэнцефалический барьер) не имели значимых изменений при электромагнитном облучении крыс (общее и парциальное) в одной и той же дозе, но с разной интенсивностью (ППЭ 300, 100 и 10 мВт/см^2, экспозиция соответственно 2, 6 и 60 мин).

Таким образом, проведенные исследования показали высокую чувствительность и в тоже время наличие компенсаторных возможностей нейронов головного мозга к воздействию различных режимов электромагнитного излучения. Причем при одинаковой поглощенной дозе выраженность изменений возрастает с увеличением времени воздействия и площади облучаемой поверхности. В восстановительном периоде изменения сглаживаются и носят лишь характер функционального напряжения. Наибольшую чувствительность к электромагнитному облучению демонстрируют структуры нейронов, имеющих отношение к синтезу белка (ядра, ядрышки и цитоплазматическая сеть). Вместе с тем волнообразные изменения нейроморфологических показателей состояния нейронов свидетельствует о определенной нестабильности структурно-функциональной организации различных структур нервной системы, что может на фоне других отягощающих факторов служить материальным субстратом для развития более выраженных изменений, вызывающих нарушение деятельности нервной системы [6, 7].

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценка опасности) // Радиац. биология. Радиоэкология. 1997. Т.37. №4. С. 690 – 702.

2. Зуев В.Г., Ушаков И.Б. Экспериментальное изучение эффектов острого неравномерного микроволнового облучения // Медицинская радиология. 1984. Т. 29. №12. С. 46–49

3. Ушаков И.Б., Федоров В.П., Зуев В.Г. Нейроморфологические эффекты электромагнитных излучений. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2007. 287 с.

4. Ушаков И.Б., Федоров В.П. Церебральные эффекты хронических электромагнитных излучений // Человек и электромагнитные поля: Сборник докладов V Международной конференции. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2017. С. 37-47.

5. Трухачев А.Н., Зуев В.Г., Федоров В.П. Морфофункциональное состояние коры головного мозга в условиях неравномерного электромагнитного излучения // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии и нейропластичности: Материалы Всероссийской конференции. М.: Научный мир, 2008. С. 537-542.

6. Баркин В.В., Буянов Л.С., Лопаткина Н.В. Влияние на моторную функцию крыс низкоинтенсивного импульсно-моделированного электромагнитного излучения при различных схемах воздействия // Человек и электромагнитные поля: Сборник докладов V Международной конференции. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2017. С. 75-84.

7. Федоров В.П. Влияние электромагнитных излучений на двигательные центры головного мозга // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе: сборник статей Всероссийской конференции. Воронеж: Научная книга, 2018. С. 345-353.

РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ГЛОБАЛЬНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЭКОСИСТЕМЫ

A.Rusanov
3, place de Lochrist, 29217 Le Conquet, France. rusanov@orange.fr

Цель работы – изучение биологических эффектов воздействия геологических и геофизических факторов и сверхслабых неэлектромагнитных излучений на здоровье людей и животных. Выявление связи электромагнитного загрязнения с геологическими и геофизическими факторами. Разработка корректирующих устройств для устранения негативного влияния этих факторов на здоровье людей и животных.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, разломы, геопатогенные зоны, базовые станции мобильной связи, здоровье.

ROLE OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL FACTORS IN GLOBAL ELECTROMAGNETIC POLLUTION OF HUMAN BEINGS AND ECOSYSTEMS

A.Rusanov
3, place de Lochrist, 29217 Le Conquet, France. rusanov@orange.fr

The purpose of the work is to study: a. The biological effects of geological and geophysical factors and very weak non-electromagnetic radiation on the health of people and animals; b. the possible the links between electromagnetic pollution and geological and geophysical factors;
c. Development of devices with the capacity to eliminate the negative impact of these factors on human and animal health.

Keywords: electromagnetic radiation, faults, geopathic zones, base stations of the mobile net, health.

Введение:
Непрерывное увеличение масштаба антропогенного воздействия на Землю, ее загрязнение химическими и радиоактивными отходами, промышленными электрическими токами, непрерывно возрастающая электромагнитная нагрузка, все это вызывает изменения физических свойств горных пород по площади и по глубине.

Геологические разломы являются составной частью внутреннего строения Земли. Зоны разломов характеризуются аномалиями геомагнитного и гравитационного поля земли, повышенными значениями естественного импульсного электромагнитного поля земли, выделением различных газов, в том числе радиоактивных, например газ радон [1].
Если ферма или жилой дом находятся в зоне разлома (геопатогенной зоне), то ее обитатели могут подвергаться воздействию этих геофизических факторов. Эти естественные факторы могут оказывать негативное воздействие на живые организмы.

В течение многих десятилетий Земля используется как хранилище, в которое сбрасываются или складируются ядовитые химические отходы, удобрения, пестициды, радиоактивные отходы, которые попадая в реки и в водоносные горизонты могут мигрировать на большие расстояния. Также через систему заземления зданий, сооружений, трансформаторов, линий электропередач, в землю сбрасывается электрический ток. Например, токи промышленной

частоты (50 – 60 Гц) генерируют низкочастотные электромагнитные волны, которые поглощаются грунтом и преобразуют условия существования естественных электрических полей (особенно в городах). Эта подзарядка грунтов имеет громадное значение в местах особых тектонофизических условий (разломов), где локализуются возможности для вертикального энергоперетока. Выработка электроэнергии привела к возрастанию числа рукотворных магнитных бурь и оказывает общее воздействие на изменение геофизического портрета Земли [2].

Как и любое хранилище, Земля может принять и переработать только определенный объем различных отходов. Автор предполагает, что когда антропогенная нагрузка на Землю превышает возможности ее регенерации, происходят изменения физических, химических и других свойств территорий, что приводит к неустойчивому равновесию экосистемы данной территории. Поэтому установка заземлений базовых станций для мобильной связи, ветрогенераторов, систем солнечных батарей, вырабатывающих электроэнергию, в зонах разломов может вызывать появление новых, неизвестных ранее неэлектромагнитных излучений, распространяющихся вдоль зон разломов на большие расстояния [3].

Материалы и методы:
Исследования выполнены на животноводческих фермах (молочные фермы во Франции, Бельгии и Голландии, свинофермы, птицефермы, утиные и голубиные фермы во Франции), где были проблемы со здоровьем и поведением животных. В жилых домах и квартирах (во Франции, Австрии, Бельгии, Германии, Голландии, Швейцарии, Греции, Албании, Болгарии, Испании, Тунисе и Ливане), где были проблемы со здоровьем у людей . Анализировалось геологическое строение мест расположения ферм и домов с помощью геофизических методов, геологических карт и геоморфологического анализа. В большинстве случаев проблемы со здоровьем или обострением болезней были связаны с расположением ферм и домов на зонах разломов.

Результаты:
На фермах в зонах разломов появляются следующие проблемы, нерешаемые ветеринарными или другими стандартными методами :

- изменение поведения коров. Коровы становятся нервными, не хотят заходить в доильный зал. Во время дойки коровы постоянно двигаются, срывают доильный аппарат, у коров происходит частая дефекация.
- Появление маститов, увеличение количества лейкоцитов в молоке, ухудшение качества молока.
- Необъяснимый падеж коров и телят, внезапные смерти животных. Например, на ферме в департаменте Vosges во Франции, за три года фермер потерял 76 коров и телят, причины смерти, которых не удалось выявить ветеринарными или другими стандартными методами.
- Свиноматки становятся нервными, постоянно ворочаются и давят маленьких поросят.
- Свиньи становятся агрессивными, начинаются бои между свиньями, которые вызывают повреждение тела свиней и смерть некоторых животных.
- Каннибализм у свиней. Свиньи выгрызают хвост другого животного, затем анус и толстую кишку. Животное погибает.
- Необъяснимый падеж свиней. На ферме в департаменте Nord во Франции после установки рядом с фермой мачты с базовыми станции 30 % поросят погибали без видимых причин.

Там, где были проблемы на фермах с животными, если дом фермера находился рядом, автор констатировал проблемы со здоровьем обитателей дома, иногда серьезные заболевания, уснувшую беременность у женщин и даже внезапную смерть фермера, который был в хорошей физической форме.

В домах и квартирах, находящихся в зонах разломов в вышеперечисленных странах, где автор побывал по просьбе их хозяев, приходилось констатировать различные виды заболеваний, вплоть до очень серьезных, изменение поведения их обитателей от агрессивного до депрессивного, преждевременные смерти одного из супругов.

Установка корректирующих устройств, разработанных автором, на фермах, на предприятиях, в жилых домах позволет убирать эти воздействия [4].

Выводы:
Новые технологии, к которым относятся мобильная связь, ветрогенераторы, панели солнечных батарей и их инверторы, WiFi, WiMax, Bluetooth, могут создавать проблемы для здоровья людей и животных. Эти проблемы могут быть значительно усилены, если фермы, здания и сооружения находятся на зонах разломов. Геологический и геофизический факторы становятся одним из важных элементов влияющих на здоровье людей и животных. Учет этих факторов позволит принимать оптимальные решения при лечении людей и животных, улучшения состояния окружающей среды в домах, на предприятиях, школах, магазинах, на фермах.

Список литературы

1. Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н., Савченко О.В. Геодинамика и ее экологическое проявление . Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Випуск 23. Донецьк, ДонНТУ, 2001. С. 4-11.
2. Братков В.В. Овдиенко Н.И. Геоэкология. М.: Высш. шк., 2006. С.106,111.
3. A.Rusanov et D.Danguy des Déserts. L'impact négatif des antennes relais et des éoliennes sur la santé des hommes et des animaux. La revue du GREFF N22, 2008, France. C. 51-57.
4. Русанов А.Н., Кулагин М.В., Степанов А.М., Можайский А.М. Дистанционное влияние антенн мобильной связи и ветрогенераторов на здоровье людей и животных через систему геологических разломов и возможные пути нейтрализации биопатогенных илучений ». Российский федеральный ядерный центр, Материалы III Международной конференции « Человек и электромагнитные поля. Саров. 2010. С.295-309.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ.

Г.М. Хамидова, Ташпулатова Г.А, Ибадова Г.А, Максудова Л.М
Ташкентский институт усовершенствование врачей. Ташкент, Узбекистан
gulozod@gmail.com

Резюме. Проведен эксперимент на 36 белых крысах, поделенных на 4 группы: с мощностью воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИРЧ) в 50, 500 и 1000 мкВт/см^2. 4 группа – контроль. Установлено, что развитие патологических процессов в органах и системах происходит уже при небольших дозах облучения, с нарастанием дозы наблюдаются выраженные деструктивные изменения, по показателю антигенсвязывающих лимфоцитов к соответствующим тканевым антигенам, динамика которых является диагностическим и прогностическим критерием глубины поражения.

Ключевые слова: электромагнитное излучения, антиген связывающие лимфоциты, тканевой антиген, сердечно-сосудистая система.

SOME ASPECTS OF THE MOLECULAR MECHANISM AFFECT OF RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF A RANGE ON AN ORGANISM OF EXPERIMENTAL ANIMALS.

G.M Khamidova, G.A. Tashpulatova, G.A. Ibadova, L.M.Maksudova
Tashkent institute of postgraduate medical education. Tashkent, Uzbekistan
gulozod@gmail.com

Resume. An experimental study of 36 white rats, which are divided into 4 groups: group with a capacity to electromagnetic waves of radio frequency RFEMR 50, 500, and 1000 μW/cm^2, respectively. Group 4 - control, without affecting RFEMR. Found that the development of pathological processes in the organs and systems of the living organism occurs at low doses, with increasing doses in organs and tissues, there are marked destructive changes, which are an indicator of the antigen-binding lymphocytes specifically sensitized to the relevant tissue antigens, the dynamics of which is a specific diagnostic and predictor of lesion depth.

Keywords: electromagnetic radiation, antigen binding lymphocyte, tissue antigen, cardiovascular system.

Актуальность. Анализ многочисленных исследований показывает, что при хроническом воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) на незащищенных людей развивается полиорганная патология. Повреждение структуры и функции миокарда, его сосудов и нервов наблюдается при многих сердечно-сосудистых заболеваниях, кардиохирургических вмешательствах, нарушениях нейроэндокринной регуляции, травмах центральной и периферической нервной системы, аллергических и иммунологических реакциях, а также при других патологических состояниях организма или воздействии на него различных техногенных факторов, в том числе ЭМИРЧ [1,2,3].

Известно, что антигенсвязывающие лимфоциты (АСЛ) при сенсибилизации их к различным органам и тканям становятся специфическими маркерами, по уровню которых можно судить о степени и характеру поражения соответствующих органов и систем [4].

Целью данного исследования явилось изучение степени и глубины поражения сердечно-сосудистой системы в зависимости от различных доз и экспозиции электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИРЧ) по уровню

антигенсвязывающих лимфоцитов (АСЛ) к тканевым антигенам (ТА) перикарда, эндокарда, миокарда, артерий и вен в эксперименте.

Материалы и методы исследования. Эксперимент проводили на 36 белых крысах-самцах массой 220 –280 г., содержащихся на обычном общевиварном рационе питания и в микроклиматических условиях, согласно действующим нормам. Для опыта крысы были поделены на 4 группы (по 10 штук в каждой опытной и 6 в контрольной группе):

- 1 группа, подвергшаяся воздействию ЭМИРЧ 50 мкВт/см^2 и частотой 1800 МГц;
- 2 группа, подвергшаяся воздействию ЭМИРЧ 500 мкВт/см^2 и частотой 1800 МГц;
- 3 группа, подвергшаяся воздействию ЭМИРЧ 1000 мкВт/см^2 и частотой 1800 МГц;
- 4 группа – контрольная, без воздействия ЭМИРЧ.

После экспозиции облучения в 1 мес. произвели забор крови у животных. Степень поражения тканей сердца (перикарда, миокарда, эндокарда) и кровеносных сосудов (артерий и вен) определяли по выявлению антигенсвязывающих лимфоцитов (АСЛ), специфически сенсибилизированных к тканевым антигенам (ТА) сердца и сосудов в лаборатории клинической морфологии и иммунологии

Результаты и их обсуждение. Анализ уровня АСЛ к ТА сердца и сосудов в эксперименте под воздействием ЭМИРЧ в 50 мкВт/см^2 и частотой 1800МГц в течение 1 мес. относительно контрольных значений показал некоторое повышение АСЛ к ТА перикарда указывая на то, что, видимо, воспаление и деструктивные изменения в изучаемых органах еще незначительны. Морфологические исследования структуры миокарда крыс в течение 1 мес. облучения ЭМИРЧ в 50 мкВт/см^2 показывают слабо выраженные нарушения кровообращения ткани сердца, которые определялись изменениями со стороны ряда процессов всей системы собственной микроциркуляции миокарда, что привело к морфологическим проявлениям относительной регенераторной гипертрофии миокарда без характерных признаков воспаления.

При воздействии в течение 1 мес. на экспериментальных крыс ЭМИРЧ в 500 мкВт/см^2 отмечаются уже довольно значимые изменения в органах, о чем свидетельствуют достоверно высокие значения АСЛ к ТА перикарда относительно показателей интактных и соответствующих показателей 1 группы животных. Анализ кратности повышения АСЛ к ТА во 2 группе крыс относительно соответствующих показателей интактных животных выявил, что более выраженные патологические изменения отмечаются в ткани миокарда и артерий. Морфологическая характеристика миокарда во 2 группе (500 мкВт/см^2) при подостром облучении ЭМИРЧ в течение 1 мес. характеризовалась более выраженными структурными изменениями относительно первой группы. Некоторые зоны миокарда в результате подострого облучения ЭМИРЧ 500 мкВт/см^2 морфологически отличаются готовностью к митотическому делению, наиболее выражено проявляется преимущественно в области предсердий. Целостность ткани нарушена. Значительные разрывы и нарушение целостности продольных контактов между фибромускулярными волокнами и разволокнение последних в результате сокращения отёчных кардиомиоцитов образуют между собой ячейки и полости, в просвет которых обращены разорванные структуры рыхлой волокнистой соединительной ткани. Явления гиперволемии характерны для микрососудов и собственных сосудов миокарда более крупного калибра, что проявляется наиболее чётко в субэпикардиальных зонах. Выявлено не только увеличение в размерах кардиомиоцитов, но и увеличение их числа.

Выраженное повышение АСЛ к изучаемым тканевым антигенам при экспозиции облучения экспериментальных животных в 1000 мкВт/см^2 в течение 1 мес. указывает на глубокие деструктивные процессы в органах. Так, анализ полученных результатов показал наиболее высокие значения АСЛ к ТА миокарда – в 12,2 раза превышая уровень данного

показателя интактных животных и 8,9 раз выше значений животных 1 группы такие же высокие по кратности различия отмечаются и по значениям АСЛ к ТА артерий по сравнению с соответствующими значениями в контроле и 1 группе исследований - в 9,1 и в 5,3 раза. Также значительные сдвиги в 3 группе экспериментальных животных выявлены в показателях АСЛ к ТА перикарда, эндокарда и вен относительно показателей интактных и 1 группы животных: АСЛ к ТА перикарда в 7,2 и 4,8 раза, соответственно, эндокарда - в 5,6 и 3,0 раза, соответственно. В 3 группе (1000 мкВт/см^2) при подостром облучении ЭМИРЧ морфологическая картина характеризуется разволокнением мышечных структур. Между группами миофибрилл имеются разрывы. Нарушение целостности миокарда прогрессирует по направлению к перикарду. Волокна кардиомиоцитов незначительно гипертрофированы и имеют различную толщину. Встречаются более тонкие и толстые волокна, размеры которых в несколько раз превышают размеры тонких.

Выводы. Анализ полученных результатов иммунолоцитохимических и морфологических исследований еще раз подтверждает то, что длительное воздействие высоких доз облучения приводит к глубоким деструктивным поражениям органов и систем, отражением чего являются высокие показатели антигенсвязывающих лимфоцитов к тканевым антигенам внутренних органов.

Таким образом, полученные результаты показывают, что развитие патологических процессов в органах и системах живого организма происходит уже при небольших дозах облучения. С увеличением дозы ЭМИРЧ в органах и тканях наблюдаются выраженные деструктивные изменения, показателем которых являются антигенсвязывающие лимфоциты, специфически сенсибилизированные к соответствующим тканевым антигенам, динамика которых является специфическим диагностическим и прогностическим критерием степени поражения.

Список литературы:

1. Napp A, Stunder D, Maytin M, Kraus T, Marx N, Driessen S. Are patients with cardiac implants protected against electromagnetic interference in daily life and occupational environment? Eur Heart J. 2015 Jul 21;36(28):1798-1804.

2. Barker A.T., Jackson P.R., Parry H. The effect of GSM and TETRA mobile handset signals on blood pressure, catechol levels and heart rate variability // Bioelectromagnetics. - 2007. - Vol.28, N 6. - P433-438.

3. Сухоручкин А.А., Бахметьев А.С., Сухоручкин В.А. Влияние электромагнитного излучения мобильного телефона на артерии головного мозга // Межд. научно-исследовательский журнал. – М., 2016 - Выпуск: № 8 (50) Часть 2 - С. 138-140

4. Гулямов Н.Г., Ахмедова Х.Ю., Далимов Т.К., Имамова И.А. Диагностическое значение показателей антигенсвязывающих лимфоцитов в оценке поражения органов при инфекционной и неинфекционной патологии // Инф., иммунитет и фармакология - 2005.-№3.-С.115-118

ПРОБЛЕМЫ КАТАРАКТОГЕНЕЗА

Л.Д. Микрюкова
ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России, Челябинск, mik@urcrm.ru; mikludm@mail.ru

Катаракта является основной причиной слепоты во всем мире. На микроскопическом уровне картина помутневших хрусталиковых волокон не зависит от типа специфического повреждающего фактора. Исследование изменений белкового состава хрусталика показывает, что старение, воздействие радиации или ультрафиолетового облучения не сопровождаются образованием специфичного для каждого вида воздействия белка хрусталика. В принципе это доказывает единую природу образования помутнения хрусталика. Эпидемиологические данные выявили значительную связь между воздействием ионизирующей радиации, потерей оптической функции хрусталика и формированием катаракты.

Ключевые слова: катаракта, факторы риска, протеины хрусталика, отношение шансов.

PROBLEMATIC ISSUES OF CATARACTOGENESIS

L.D. Mikryukova
FSGFIS Urals Research Center for Radiation Medicine FMBA of Russia, Chelyabinsk

Cataract is the main reason of the blindness all over the world. At the microscopic level the manifestation of the clouded lenticular fibres does not depend on the type of a specific damaging factor. The study of the changes in the protein composition of a lens demonstrates that aging, effect of radiation and ultraviolet exposure do not result in the formation of the protein specific for a particular type of exposure. In general it confirms that the character of the lens opacity formation is the same. Epidemiological data revealed strong association between ionizing radiation effect, loss of lens optic function and cataract formation.

Key words: cataract, risk factors, lens proteins, odds ratio

Катаракта является основной причиной слепоты во всем мире. Всемирная организация здравоохранения определяет катаракту как помутнение хрусталика глаза, которое препятствует передаче света. На развитие катаракты влияют такие факторы, как возраст, пол, расовая принадлежность, курение, употребление алкоголя, наличие сахарного диабета, прием некоторых лекарственных препаратов, а также факторы окружающей среды, включая ультрафиолетовое и ионизирующее излучение. Видимый свет составляет ту часть спектра электромагнитного излучения, которая воспринимается нашим глазом. Он составляет достаточно узкий диапазон полного спектра. По одну сторону от него находятся коротковолновое излучение (ультрафиолетовое), по другую – длинноволновое (инфракрасное) излучение. Все излучения вне видимого диапазона не воспринимаются человеческим глазом.

Появление помутнения в хрусталике характеризуется изменениями его структуры на микроскопическом уровне. В многочисленных работах исследователи пытаются найти корреляцию между изменениями хрусталика на микроскопическом уровне в зависимости от воздействия различных специфических агентов, таких как ультрафиолетовое облучение, радиация, лазерное воздействие и другие виды [1,2,3,4]. Но большинство все-таки склоняются к тому, что на микроскопическом уровне картина помутневших хрусталиковых волокон не зависит от типа специфического повреждающего фактора[2,4]. Исследование

изменений белкового состава хрусталика показывает, что старение, воздействие радиации или ультрафиолетового облучения не сопровождаются образованием специфичного для каждого вида воздействия белка хрусталика. В принципе это доказывает единую природу образования помутнения хрусталика. Признание этого постулата вызывает множественные вопросы у исследователей, например, при определении пороговой дозы при радиационном воздействии, учитывая влияние других сопутствующих факторов.

Любой вид воздействия вызывает повреждение ДНК и других макромолекул, включая белки и липиды. Большинство типов клеток человеческого организма могут восстанавливать повреждение ДНК и непрерывно «включать» механизм удаления дефектных белков и липидов. В тех клетках, в которых отсутствуют ядра и другие органеллы, какими являются клетки волокон хрусталика и эритроциты млекопитающих, повреждение макромолекул сохраняется, поэтому они не могут быть легко восполнены. В то время как продолжительность жизни эритроцита составляет несколько месяцев, продолжительность функционирования хрусталика человека несколько десятилетий. Хрусталик - это орган, сохраняющий молекулярное долголетие, неотъемлемой частью гомеостаза которого является пожизненное удержание и непрерывный рост его компонентов. Эти характеристики делают хрусталик хорошей моделью для изучения вклада сохраненного макромолекулярного повреждения с течением времени. Эпидемиологические данные выявили значительную связь между воздействием ионизирующей радиации, потерей оптической функции хрусталика и формированием катаракты.

Скорость созревания катаракты определенным образом зависит от типа катаракты, хотя в целом этот процесс мало предсказуемый. По клинико-анатомической характеристике различают 3 основных типа катаракты: кортикальная, ядерная и задняя субкапсулярная. С возрастом увеличивается толщина и масса волокон хрусталика. Синтез хрусталиковых волокон, продолжающийся в течение жизни, в зрелом возрасте приводит к уплотнению ядра хрусталика и формированию склероза ядра хрусталика. В дальнейшем протеины ядра хрусталика под воздействием химических веществ склеиваются, изменяется их прозрачность, появляется их желтое окрашивание, с течением времени переходящее иногда в бурое. Рефракционная сила хрусталика изменяется, при уплотнении ядра хрусталика, чаще в сторону миопизации. Склероз ядра и пожелтение ядра хрусталика считаются естественным процессом старения организма. Такой вид катаракты (ядерная) у пожилых людей катаракта вызывает уменьшение светопропускания через помутневший хрусталик и может сама выполнять защитную функцию для сетчатки. Следует отметить, что сам хрусталик человека может быть эффективным фильтром от ультрафиолетового излучения, но только начиная с взрослого возраста. По данным литературы [5] до возраста примерно 10 лет нормальный хрусталик пропускает более 75% падающего на него УФО, а после 30 лет только 10%.

В Уральском научно-практическом Центре мы изучаем изменения хрусталика у лиц, пострадавших в результате двух радиационных аварий на Южном Урале. Жители населенных пунктов на Южном Урале подверглись хроническому воздействию внешнего и внутреннего облучения в диапазоне «малых» и «средних» доз в результате двух радиационных аварий (до 600 мГр). Последние данные свидетельствуют о низкой вероятности развития радиационных эффектов при годовых дозах менее 100 мГр, что обусловлено способностью живых систем адаптироваться к воздействию малых доз ионизирующего излучения. Тем не менее, исследования по развитию помутнений в хрусталике показывают, что изменения в его слоях могут происходить при дозах намного ниже тех, которые обычно считают катарактогенными [3,4].

При анализе заболеваемости разными формами катаракты в отдаленном периоде у населения, облученного в результате радиационных аварий на Южном Урале, было

установлено статистически значимое влияние дозы облучения на появление помутнений в задней капсуле (ОШ=0,89(95 % ДИ: 0,60-1,31)) (p>0,05), что соответствует данным литературы, т.е. воздействие ионизирующего излучения повышает риск развития в первую очередь задних субкапсулярных катаракт. Кроме того, показано увеличение помутнений в ядре хрусталика с увеличением дозы облучения ОШ (1,62 (95% ДИ:1,01-2,60) и 1,84 (95% ДИ:1,14-2,95)). В данном случае исследование проводилось на двух выборках. Проведённый анализ на основе метода «случай контроль» не выявил достоверной статистической зависимости изменений хрусталика с увеличением дозы облучения в передней капсуле и корковых слоях. Также не установлено статистически достоверных значений влияния дозы на изменение цвета ядра хрусталика. По результатам исследования не получены доказательства влияния принадлежности к разным национальным группам на приоритетное развитие помутнений в каких-либо слоях хрусталика.

Список литературы:

1. Jason C. S. Yam, Alvin K. H. Kwok. Ultraviolet light and ocular diseases / International Ophthalmology /April 2014, Volume 34, Issue 2, pp. 383–400.
2. Муранов К.О., Островский М.А. Молекулярная физиология и патология хрусталика глаза, М: ТОРУС ПРЕСС, 2013. 304с.
3. Mikryukova LD, Akleyev AV. Cataract in the chronically exposed residents of the Techa riverside villages // Radiation and Environmental Biophysics -2017- Vol. 56, N4. - P.329-335.
4. ICRP Publication 118. Elsevier, 2012. - 322 p.
5. Stenson S, ed. Light, Sight, and Photochromic. Pinellas Park, FL: Transitions Optical, Inc.; 2002.

СЕССИЯ
ГИГИЕНА И БЕЗОПАСНОСТЬ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЫ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Григорьев О.А.
Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений
Центр электромагнитной безопасности
Россия, Москва oa.grigoriev@yandex.ru

Дан обзор основных работ, ведущихся в связи с тематикой радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений во Всемирной организации здравоохранения, Международном агенстве по изучению рака. Обсуждены предлагаемые изменения в установлении лимитов электромагнитного поля и методов их контроля в связи с разработкой стандартов подвижной связи 5G. Приведен анализ состояния лимитирования электромагнитного поля радиочастот для населения в мире. На основе мировых тенденций выделены направления исследований, результаты которых могли бы быть использованы в целях ограничения вредного действия неионизирующих излучений новых технологий.
Ключевые слова: электромагнитное поле, радиочастоты, стандарт, лимит, ВОЗ, МАИР, радиобиология, гигиена, научное планирование, медико-биологические эффекты

ACTUAL ISSUES OF RADIOBIOLOGY AND HYGIENE OF NON-IONIZING RADIATION AND NEW EMF TECHNOLOGIES

Grigoriev O.A.
Russian National Committee for Non-ionizing Radiations Protection
Center for Electromagnetic Safety
Russia Moscow oa.grigoriev@yandex.ru

A review of the main trends for research and health care issues with the radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation. Was discussed opinions about main tasks for the World Health Organization Non-ionazing Programm, for the EMF priority for the International Agency for Research on Cancer. Author discusses the changes for the establishment of electromagnetic field limits and methods for EMF measurement with the development of 5G mobile communication standards. A review of the state of limiting the electromagnetic field of radio frequencies for the world's population is given. Based on global trends, research areas are identified whose results could be used to limit the harmful effects of non-ionizing radiation from new technologies.
Keywords: electromagnetic field, radio frequencies, standard, limit, WHO, IARC, radiobiology, hygiene, scientific planning, biomedical effects

Развитие новых массовых технологий, использующих электромагнитное поле в технологических целях, стимулировало ряд существенных событий в области защиты от неионизирующих излучений, содержание и значение которых для организации научных исследований рассмотрено на основе собственного опыта автора по работе во Всемирной организации здравоохранения, Международном агентстве по изучению рака и других проектах.

Электромагнитное поля радиочастот имеет канцерогенную классификацию 2В. РНКЗНИ в 2018 году официально внес электромагнитное поле радиочастот на повторное рассмотрение IARC. Группа перспективного планирования Международного агентства по

Non-ionizing radiation (radiofrequency) and extremely low-frequency magnetic fields

Radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) were evaluated by the *IARC Monographs* as *possibly carcinogenic to humans* (Group 2B) (IARC, 2013e), on the basis of limited evidence of an increased risk of glioma. Extremely low-frequency magnetic fields (ELF-MF) were evaluated as *possibly carcinogenic to humans* (Group 2B) (IARC, 2002), on the basis of *limited evidence* of an increased risk of childhood leukaemia.

Exposure Data

Human exposures to RF-EMF can occur from use of personal devices (e.g. cell phones, cordless phones, and Bluetooth) and from environmental sources such as cell phone base stations, broadcast antennas, and medical applications. More than 5 billion people now have access to cell phone devices, and the technology is constantly evolving. Use has also expanded rapidly in low- and middle-income countries, where more than 75% of adults now report owning a cell phone; in high-income countries, the proportion is 96% (Pew Research Center, 2018).

Cancer in Humans

Since the previous *IARC Monographs* evaluation, several new epidemiological studies have been published on the association between RF-EMF and cancer, although the evidence remains mixed. In the Million Women Study cohort, there was no evidence of increased risk of glioma or meningioma, even among long-term users. There was an increased risk of acoustic neuromas with long-term use and a significant dose–response relationship (Benson et al., 2013). Updated follow-up in the Danish nationwide subscribers study did not find increased risks of glioma, meningioma, or vestibular schwannoma, even among those with subscriptions of 10 years or longer (Frei et al., 2011; Schüz et al., 2011). New reports from case–control studies that assessed long-term use also found mixed results; for example, increased risks of glioma and acoustic neuroma were reported by Hardell & Carlberg (2015) and Hardell et al. (2013), but no evidence of increased risks for these tumours were reported by Yoon et al. (2015) and Pettersson et al. (2014). Röösli et al. (2019) recently reviewed these new data. Several large-scale studies are still in progress and should report results within the next few years. Mobi-Kids is a multicentre case–control study of brain tumours in those aged 10–24 years. Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) is a new European cohort of adult cell phone users. There will also be updated results from the Million Women Study.

Cancer in Experimental Animals

New data in experimental animals for exposure to RF-EMF have been published since the previous *IARC Monographs* evaluation. The large study by the United States National Toxicology Program found an increased risk of malignant schwannomas of the heart in male rats with high exposure to radiofrequency radiation at frequencies used by cell phones, as well as possible increased risks of certain types of tumours in the brain and adrenal glands, but no increased risks in mice or female rats (NTP, 2018a, b). Another study in experimental animals also found an increase in schwannomas of the heart in highly exposed male rats and a possible increase in gliomas in female rats (Falcioni et al., 2018).

Mechanistic Evidence

The previous IARC evaluation concluded that there was weak evidence that radiofrequency radiation was genotoxic but that there was no evidence for mutagenicity (IARC, 2013e). Although there have been many new publications from a wide variety of experiments, uncertainty remains about the mechanisms, and there are few systematic reviews of the new data (Kocaman et al., 2018).

Although a future evaluation could be broadened to consider exposure to all non-ionizing radiation (including ELF-MF), ELF-MF were evaluated by IARC as *possibly carcinogenic to humans* (Group 2B), and the Advisory Group did not recommend an update, because of a lack of new informative epidemiological findings, no toxicological evidence, and little supporting mechanistic evidence.

Key References

The following key references were also identified: Coureau et al. (2014); Carlberg & Hardell (2015); Pedersen et al. (2017).

Recommendation for non-ionizing radiation (radiofrequency):

High priority (and ready for evaluation within 5 years)

Recommendation for extremely low-frequency magnetic fields:

No evaluation

Новая методика канцер-классификации IARC на 2020-2024 год утверждена в 2019

Интеграция потоков данных в достижение общих классификаций (данные, выделенные жирным курсивом, составляют основу общей оценки)

Свидетельство рака у человека	Свидетельство рака у экспериментальных животных	Механистические доказательства	Классификация
Достаточно	не необходимо	не необходимо	Канцерогенный для человека (группа 1)
Ограниченное или неадекватное	***Достаточно***	***Сильная (b) (1) (подверженные люди)***	
Ограниченное	***Достаточно***	Сильный (б) (2-3), ограниченный или неадекватный	Вероятно канцерогенный для человека (группа 2А)
Неадекватно	***Достаточно***	***Сильный (б) (2) (клетки или ткани человека)***	
Ограниченное	Меньше, чем достаточно	***Сильный (б) (1-3)***	
Ограниченное или неадекватный	Не необходимо	***Сильный (а) (механистический класс)***	
Ограниченное	Меньше, чем достаточно	Ограниченная или недостаточно	Возможно канцерогенный для человека (группа 2В)
Неадекватный	Достаточно	Сильный (б) (3), ограниченный или неадекватный	
Неадекватный	Меньше, чем достаточно	***Сильный b (1-3)***	
Ограниченное	***Достаточно***	***Сильная (с) (не действует на людей)***	
Неадекватный	***Достаточно***	***Сильный (с) (не работает у людей)***	Не классифицируется как канцероген для человека (группа 3)

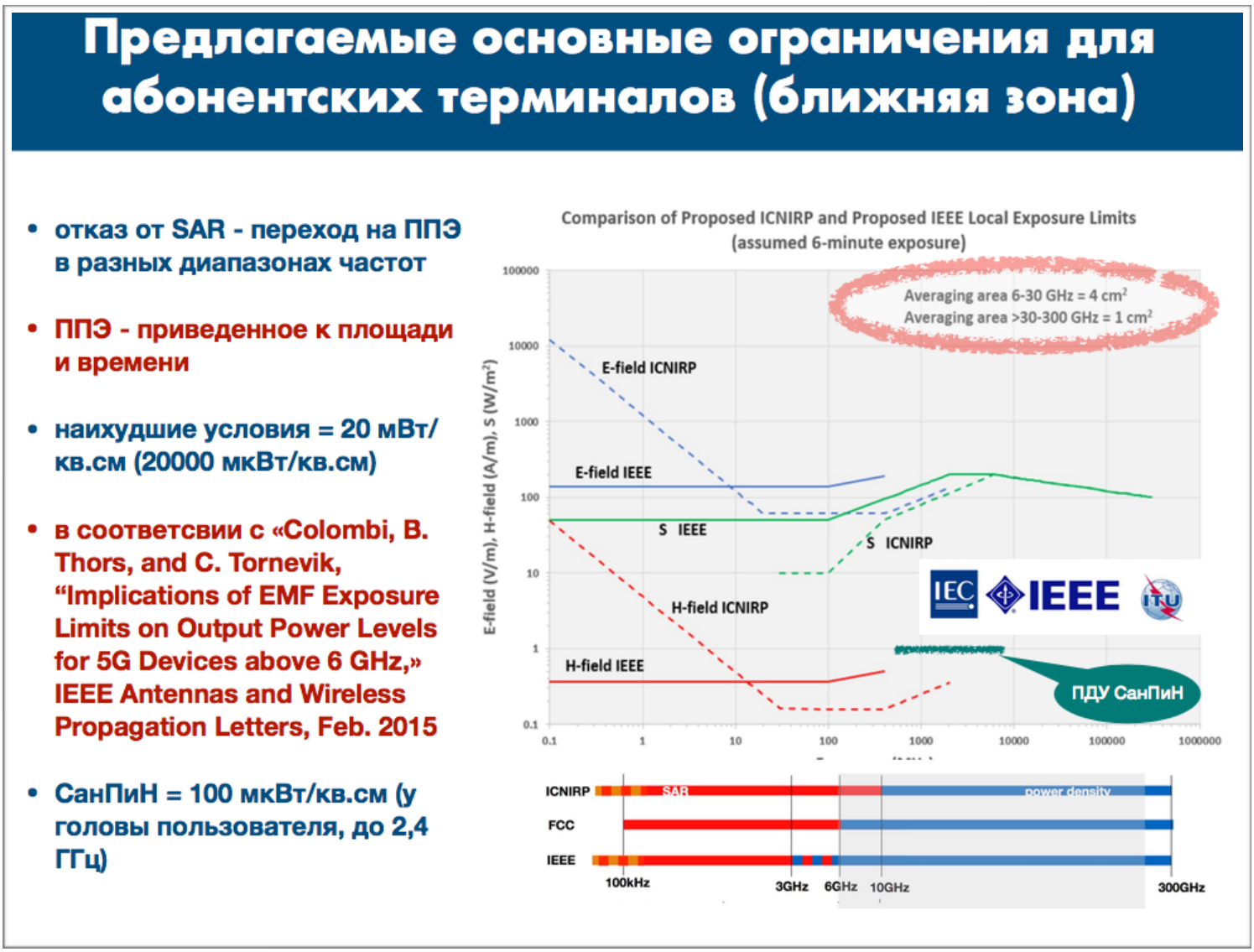
изучению рака (IARC) на 2020-2024 годы в 2019 году рассмотрела новые данные за последние годы. ЭМП радиочастот отнесено к наивысшим приоритетам с рассмотрением пере-классфикации канцер-статуса во второй половине ближайшей пятилетки - The Lancet Oncology, 18 апреля 2019. Учтены данные по механизму (оксидативный стресс), ограниченные данные по животным, в первую очередь результаты Национальная токсикологическая программа США (2005-2018), а также данные по эпидемиологии. Было отмечено, что в настоящее время данные эпидемиологии не имеют адекватной дозиметрии, данные эксперимента на мелких лабораторных животных не поддаются экстраполяции. При рассмотрении новых данных ЭМП радиочастот в 2022-24 годах будет использована новая методика канцер-классификации IARC, утверждена в 2019, учитывающая интеграцию потоков данных в достижение общих классификаций.

Международный электромагнитный проект Всемирной организации здравоохранения, действовавший с 1996 года и имеющий своей целью гармонизировать нормы безопасности для электромагнитного поля, преобразован в проект «неионизирующие излучения». С этого года проект ВОЗ включает группу физических факторов неионизирующей природы - электромагнитное поле, оптическое излучение и лазер, ИК и ультрафиолет, ультразвук и инфразвук. Цель проекта - выработка единого подхода к обеспечению здоровой окружающей среды. ВОЗ в 2019 году предложил перенос принципов «радиационной безопасности» в

«электромагнитную» безопасность: замена предупредительного подхода (с 1996) на принцип «индивидуального риска в сочетании с общественной выгодой от внедрения новых технологий». Индивидуальный риск - оценка индивидуальной экспозиции и дозы, информирование и свободный выбор поведения потребителя.

Развитие стандарта беспроводной связи 5G стимулировало изменения в декларативных стандартах электромагнитной безопасности (IEEE/ICES, ICNIRP, IEC/IEEE). Технология 5G является новым этапом развития беспроводной связи, изменения в способах генерации и распределения ЭМ энергии, принципиально изменяющие способ формирования персональной электромагнитной дозы. Это обусловлено использование активной фазированной решетки для формирования «луча», фокусировке основного луча непосредственно на приемном устройстве, находящемся на теле (отслеживает перемещение), что отличает от поколений связи 1G-4G. Увеличение рабочей частоты от 6 до 100 ГГц, использование многочастотного режима и свипирования, импульсного сигнала с высоким максимумом требует принципиального и всестороннего анализа надежности допустимых уровней ЭМП для населения.

Приведены результаты комплексного анализа проблемы «гармонизации» российских ПДУ радиочастот и лимитов декларативных стандартов ICNIRP/IEEE. Автор обращает внимание на правовой статус документов стандартов безопасности, а также на то, что



разработчики «международных» декларативных ЭМП - общественные профессиональные объединения (IEEE/ICES, ICNIRP), которые не регулируются государственными или межгосударственными соглашениями, не несут юридической или финансовой ответственности перед национальными системами здравоохранения за последствия использования рекомендованных ими лимитов электромагнитного поля. Однако, их рекомендации используются производителями оборудования при декларации ими безопасности продукции. Сделан вывод, что рекомендации неправительственных организаций (IEEE/ICES, ICNIRP) используются для нормирования ЭМП в странах, не имеющих собственной исследовательской базы в области радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений, а работа этих организаций координируется промышленностью или заинтересованными ведомствами (например, официальный спонсор IEEE/ICES - армия США). Научная школа биоэлектромагнетизма, радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений развивается более 120 лет, учитывая вышесказанное, в этих условиях отказ от суверенных научных подходов к обеспечению здоровья населения в условиях развития новых технологий является угрозой для национальной безопасности.

Список литературы

1. Advisory Group recommendations on priorities for the IARC Monographs. The Lancet Oncology · April 2019 Published online April 17, 2019 http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30246-3

2. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020–2024. IARC 2019. p.316
3. Jafar Keshvari. ICES EMF Exposure Limits Standards Progress and Status Update. WHO Radiation Program International Advisory Committee (IAC) Meeting Geneva, 28-29 May 2019
4. J-B Agnani. 5G networks exposure assessment. WHO NTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE MEETING ON NON-IONIZING RADIATION. Geneva, 28-29 May 2019
5. Григорьев О.А., Гошин М.Е., Прокофьева А.В., Алексеева В.А. Особенности национальной политики, определяющей подходы к гигиеническому нормированию электромагнитного поля радиочастот в различных странах. Гигиена и санитария. 2019; 98(11): DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

В.Н.Никитина

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nikitina@s-znc.ru

Резюме. В работе представлен анализ тенденций развития современных радиотехнологий, дана характеристика электромагнитной обстановки в среде обитания человека, проблем с обеспечением электромагнитной безопасности населения.

Ключевые слова: радиотехнологии, электромагнитные излучения, риск здоровью, гигиеническое нормирование, контроль

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN RADIO TECHNOLOGIES. THE PROBLEM OF PROVIDING ELECTROMAGNETIC SAFETY OF THE POPULATION

V. Nikitina

North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia, e-mail: nikitina@s-znc.ru

Summary. The paper presents an analysis of trends in the development of modern radio technologies, the characteristic of the electromagnetic environment in the human environment, the problems with ensuring the electromagnetic safety of the population.

Key words: radio technologies, electromagnetic radiation, health risk, hygienic regulation, control

Радиотехнологии является одним из основных элементов развития цифровой экономики в сферах государственного управления, здравоохранения, создания "умных домов» и «умных городов", других направлениях. Радиотехнологии представляют собой совокупность способов формирования, передачи, приема радиосигналов, составляющих единый технологический процесс, использующий радиочастотный спектр. Перспективы развития радиотехологий представлены в Программе "Цифровая экономика Российской федерации», отраслевых документах, отчетах, публикациях [1-5].

Анализ материалов показывает, что на сегодня основными типами радиоэлектронных средств (РЭС), создающими электромагнитные излучения (ЭМИ) на селитебных территориях, являются базовые станции, ретрансляторы и пользовательские устройства для сетей подвижной радиотелефонной связи. К основным типам РЭС относятся точки доступа для сетей беспроводного широкополосного доступа, передатчики телевизионного и радиовещания, земных станций спутниковой связи, радиорелейные станции миллиметрового диапазона радиоволн, устройства малого радиуса действия. Каждый из перечисленных типов РЭС функционирует на основе определенной радиотехнологии. При этом большинство радиотехнологий являются цифровыми, используют широкополосные сигналы, алгоритмы адаптации энергетических, частотных и временных параметров сигналов.

Местами размещения РЭС являются территории с высокой плотностью населений (города, крупные населенные пункты). Излучающие антенны размещаются внутри и снаружи зданий, на антенно-мачтовых сооружениях, объектах придорожной инфраструктуры (столбы, осветительные опоры, рекламные щиты), располагаются под землей (подземные переходы, станции метрополитена). Прослеживается четкая тенденция снижения высоты размещения излучающих антенн. Развитие систем радиосвязи и относящихся к ним РЭС характеризуется разработкой и внедрением большого количества радиотехнологий, созданием универсальных аппаратных платформ, позволяющим создавать и изменять системы и сети радиосвязи за счет

программного обеспечения. (Технологии радиосвязи реализуются программным способом, а не за счет замены аппаратных платформ). Внедряются подходы по совместному использованию сетевой инфраструктуры и ресурсов радиочастотного спектра несколькими операторами связи. Идет процесс освоения новых диапазонов частот (с верхней границей свыше 100 ГГц), создание и внедрение более совершенных антенных систем.

Существенным с точки зрения усложнения электромагнитной обстановки в окружающей среде, является одновременное функционирование в сетях одного типа РЭС радиотехнологий разных поколений (например, в сетях подвижной радиотелефонной связи одновременно существуют РЭС радиотехнологий 2, 3 и 4G), сейчас предполагается и 5G. Сети 5G ознаменуют собой создание единой беспроводной инфраструктуры, которая использует все возможные радиоинтерфейсы. Одним из условий будущего развития 5G будет повышение спектральной эффективности передаваемых сигналов за счет применения новых сигнально-кодовых конструкций, отличных от сигналов, используемых в сетях 4G. В сетях 5G появятся новые решения в области инфраструктуры: двигающиеся узлы (базовые станции) связи (Moving 5G Node) и движущиеся транспортные сети (Moving 5G Backhaul), что продиктовано необходимостью внедрения 5G при создании интеллектуальных транспортных сетей. Эти решения позволят оснастить международные автомобильные магистрали движущимися сетями связи. Анализ технологии 5G с позиции электромагнитной безопасности рассматриваются в работе [4].

Можно констатировать, что развитие современных радиотехнологий идет в направлении расширения использования спектра в полосах частот, биологическое действие которых не изучено. Особенностями новых условий воздействия ЭМП на человека является наличие множества типов РЭС, функционирующих на определенных технологиях, большинство из которых являются цифровыми и используют широкополосные сигналы. Функционирование в сетях радиотехнологий, принадлежащих к разным поколениям формирует многочастотный спектральный состав радиоизлучений в окружающей среде. Совмещение излучений разных стандартов и радиотехнологий с разными вариантами частот и модуляции сигналов является существенным с точки зрения биологического действия ЭМИ. Сложная электромагнитная обстановка дополняется колебаниями интенсивности ЭМИ и временных параметров воздействия электромагнитных излучений. Процесс насыщения радиоэлектронными средствами территорий с высокой плотностью населения сопровождается снижением высот установки антенн и размещения их в зданиях различного назначения.

Очевидно, что сегодня перед специалистами отрасли связи и медико-биологического профиля стоит сложная задача разработки гигиенических нормативов комбинированного воздействия электромагнитных излучений, создаваемых современными РЭС. В гигиенической практике качестве критерия безопасности применяются предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитных полей, устанавливаемые для населения. В 90–е годы в стране были сформулированы теоретические основы и разработаны методологические подходы к гигиеническому нормированию электромагнитных излучений в условиях населенных мест, где воздействию ЭМИ могут подвергаться дети, люди пожилого возраста, больные, то есть лица наиболее чувствительные к воздействию неблагоприятных факторов. На основании многолетних фундаментальных исследований, выполненных научными учреждениями Министерства здравоохранения, Академии медицинских наук, университетами были установлены основные параметры радиоизлучений, определяющих биологический эффект (длина волны, интенсивность и время воздействия, поляризация, модуляция сигнала). Определено влияние на эффект воздействия ЭМП анатомо-топографических и функциональных характеристик биообъектов. Первым этапом научного

обоснования ПДУ ЭМИ является оценка реальных параметров ЭМП и интенсивности электромагнитных излучений в окружающей среде для последующего моделирования электромагнитной обстановки в экспериментальных условиях. Поэтому уже на первом этапе научного обоснования ПДУ должны разрабатываться методические вопросы определения уровней ЭМП расчетными и инструментальными методам уровней ЭМИ, создаваемых антеннами современными РЭС. К сожалению, в настоящее время отечественная аппаратура не обладает частотной селективностью и во многих случаях не позволяет измерить и определить реальные параметры электромагнитных сигналов. На втором этапе при моделировании электромагнитного облучения в эксперименте должны обеспечиваться близкие к натурным условиям параметры электромагнитного поля, определяющие биологический эффект. В процессе нормирования ЭМП определенных частотных сигналов для выявления тепловых эффектов, оценки эквивалентности условий облучения различных биологических объектов целесообразно применение методов теоретической дозиметрии, основанной на вычислительных методах и экспериментальной дозиметрии поглощения и распределения энергии. В последующем, для научного обоснования гигиенического норматива, должны выполняться исследования биологического действия электромагнитных излучений в условиях хронического экспериментов для изучения влияния на чувствительные органы и системы организма. В стране выполняются исследования биоэффектов ЭМИ, в которых констатируется изменения в различных органах и системах организма и это естественно. Организм человека не может не реагировать на воздействие техногенных электромагнитных полей, так как фактор является чуждым для организма. Однако необходимо сосредоточить усилия научного сообщества не на выявлении отдельных эффектов, а на научном обосновании предельно допустимых уровней ЭМИ, являющихся критерием безопасности.

Анализ направлений развития новых радиотехнологий свидетельствует, что размещение большого количества РЭС в городах с высокой плотностью проживания населения приведет к существенному усложнению электромагнитной обстановки в зонах проживания людей, насыщению среды обитания человека ЭМИ в диапазоне частот свыше 300 МГц. В новых условиях требуется пересмотр подходов к обеспечению электромагнитной безопасности населения. Тенденции развития новых радиотехнологий, их значение для цифровой экономики страны представлены в нормативных актах, отчете [1,2,3,]. В документах отмечается все возрастающую роль применений радиотехнологий во всех областях жизни общества. В качестве стоящих задач указывается необходимость защиты информации, изучение и устранение радиопомех. Из экологических аспектов обращается внимание на повышение потребления электроэнергии, утилизацию устройств радиосвязи и вспомогательных систем, обеспечивающих функционирование устройств радиосвязи (аккумуляторные батареи, системы заземления и др.). Однако практически не рассматриваются вопросы защиты населения от электромагнитных радиоволновых излучений. В оценке перспектив развития цифровой экономики необходим системный подход.

Список литературы

1.Программа "Цифровая экономика российской федерации" /Утверждена распоряжением правительства российской федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р

2. Паспорт национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" / Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16)

3. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года /Утверждена решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06

4. Развитие и 5G в России - взгляд в будущее / Совместный отчет GSMA Intelligence, Аналитического Центра при Правительстве Российской Федерации, Союза ЛТЕ. 2019.- 28 **с.**

5. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. безопасность: критические характеристики сетей 5 G/ Электросвязь № 4 2019 . С.53-58

ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю.М. Сподобаев
Самарский филиал научно-исследовательского института радио, Самара, Россия, spod@soniir.ru

Резюме. Рассмотрены базисные аспекты электромагнитной безопасности перспективных сетей радиосвязи. На основе системно-исторического подхода описано современное состояние направления «электромагнитная безопасность телекоммуникационных систем», раскрыты причины противоречия перспективных технологий и практики электромагнитной экспертизы, обозначены пути разрешения таких противоречий на современном этапе развития техники инфокоммуникаций.

Ключевые слова: беспроводные сети пятого поколения, принципы разработки нормативов, электродинамическое подобие, качество нормативно-правовой документации, электромагнитный мониторинг сетей

PROBLEMS OF HYGIENIC NORMING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MODERN NETWORK TECHNOLOGIES

Yuri M. Spodobaev
Samara Branch of Radio Research Institute, Samara, Russia, spod@soniir.ru

Annotation. The basic aspects of electromagnetic safety of promising radio communication networks are considered. Based on the system-historical approach, the current state of the direction “electromagnetic safety of telecommunication systems” is described, the reasons for the contradiction of promising technologies and the practice of electromagnetic expertise are described, the ways of resolving such contradictions at the present stage of development of the technology of infocommunications are outlined.

Keywords: fifth-generation wireless networks, principles for the development of standards, electrodynamic similarity, quality of regulatory documents, electromagnetic monitoring of networks

В настоящее время на всех уровнях идет обсуждение проблем инфраструктурной перестройки систем связи и перехода на беспроводные сети пятого поколения, которые признаны сквозными технологиями цифровой экономики. В ряде регионов уже введены в эксплуатацию опытные зоны. Область, существенная для распространения радиоволн (радиоканал) излучающих сетевых фрагментов этих сетей, практически полностью располагается в приземном слое селитебной территории на высоте до 20 метров. В этом случае, естественно, к этим сетевым фрагментам ужесточаются санитарно-гигиенические требования. Эти требования в России регулируются обязательными для исполнения нормативно-правовыми и методическими документами, которые неоднократно перерабатывались и совершенствовались, однако, объединяющая их общая парадигма и трактовки основных понятий оставались неизменными. Разработкой и актуализацией этих документов до середины 00-х годов занимались совместно представители Минздрава (Роспотребнадзор) и технические специалисты Минкомсвязи при совместном управлении работами и их финансировании. В последнее десятилетие все работы по нормотворчеству, а также аккредитационно-разрешительная деятельность в области электромагнитной

безопасности (ЭМБ) осуществляются Роспотребнадзором при эпизодическом привлечении специалистов Минкомсвязи в качестве добровольных консультантов.

Напомним, что действующие в настоящее время гигиенические нормативы интенсивностей ЭМП, определенные к середине прошлого века, были однозначно привязаны к ЭМП, которые создавались актуальными в те далекие времена телекоммуникационными технологиями. Излучающие системы (антенны) размещались на выделенных технических территориях или башнях и опорах, которые располагались на селитебных территориях либо вблизи них. Подавляющее большинство этих технологий осуществляло доставку населению программ и каналов телерадиовещания. Такие радио- и телецентры, в санитарно-гигиенической документации и на практике называемые передающими радиотехническими объектами (ПРТО), представляли собой, основные элементы топологии размещения излучающих объектов. Они работали в диапазонах длинных, средних, коротких и ультракоротких волн – диапазон частот до 300 МГц.

Практически все технические средства (кроме ОВЧ-ЧМ вещания в диапазоне 66–74 МГц и звукового сопровождения эфирного телевидения) работали при амплитудной модуляции, что, естественно, отражалось на спектральном составе и энергетике излучаемых ЭМП. Технические средства ПРТО преимущественно работали круглосуточно в максимальных энергетических режимах, что находило отражение в нормативно-методической документации по электромагнитному мониторингу, который требовалось проводить при максимальных излучаемых мощностях оборудования. Вполне обоснованно предполагалось, что население, проживающее на селитебных территориях, с большой вероятностью находится под полным и равномерным по уровням круглосуточным облучением технологическими ЭМП телекоммуникационного оборудования.

В диапазоне выше 300 МГц на селитебных территориях могли присутствовать станции радиорелейных систем передачи прямой видимости и спутниковых систем передачи. Их излучение концентрируется вдоль оптической оси на соседнюю станцию или спутник, поэтому существенного влияния на общую электромагнитную обстановку они не оказывали. Анализ технических особенностей излучающего оборудования и ЭМП, доминирующих на селитебной территории в периоды создания действующих в настоящее время нормативов, позволяет сформулировать основополагающие принципы разработки этих нормативов:

1. Частотный диапазон от 30 кГц до 300 МГц.
2. Облучение на максимально возможных уровнях излучаемой мощности.
3. Монохроматический сигнал или амплитудная модуляция сигнала.
4. Круглосуточное облучение населения.
5. Полное и равномерное облучение человека.

В диапазоне частот выше 300 МГц, тогда не актуальном для нормирования ЭМП для населения, как-то незаметно, без должного обоснования был принят ПДУ, по плотности потока энергии равный 10 мкВт/см^2. При этом, если и велись какие-то отечественные медико-биологические исследования, они касались производственного персонала и военных специалистов, а кроме того, проводились на частотах и уровнях, не привязанных к конкретным непрерывно совершенствующимся техническим средствам телекоммуникаций. На этот ПДУ автоматически были перенесены основополагающие принципы разработки ПДУ низкочастотных диапазонов, что в результате привело к кризису в решении проблем электромагнитной безопасности [1,2].

Элементарные оценочные электродинамические расчеты показывают, что глубина проникновения ЭМП в ткани человека на частотах порядка 1 ГГц составляет 3–4 см, а выше 3 ГГц – 3 мм и менее. Нужно серьезное обоснование, чтобы принимать в качестве критических специфические воздействия на этих частотах при почти полном поверхностном

поглощении электромагнитной энергии. По этим же причинам следует осторожно относиться к экспериментальным электродинамическим исследованиям на подопытных животных (крысах). Строго говоря, электродинамическое моделирование при увеличении частоты ЭМП и уменьшении геометрических размеров модели (крысы) предполагает пропорциональное увеличение проводимости ее тканей. Только так можно достичь строгого электродинамического подобия в экспериментах. В противном случае вместо поверхностного поглощения будут наблюдаться сквозное прохождение электромагнитным полем тела крысы и самые разные специфические воздействия.

В [3] показано, как невыверенные данные и даже ошибки, вводящие в заблуждение широкий круг специалистов, представляются в методических документах как основа для формирования санитарно-гигиенической политики государства в области электромагнитной безопасности. Так, приведенный в методических рекомендациях [4] обзор известных изменений в организме человека при действии электромагнитных полей различной интенсивности по шкале интенсивностей не соответствует данным указанного в названии таблицы первоисточника [5], на который ссылаются разработчики. Медико-биологические эффекты воздействия, выявленные многолетними отечественными и зарубежными исследованиями, просто приписаны в 1000 раз меньшим интенсивностям ЭМП! При этом установленный ПДУ в 10 мкВт/см^2 вообще лежит за пределами обнаруживаемых эффектов воздействия. Обоснованный таким образом ПДУ стал обязательным для исполнения при оценках воздействия ЭМП на население.

Примечательно, что разница в шкалах интенсивностей ЭМП составляет три порядка – на столько же отечественные нормы этого диапазона отличаются от зарубежных. Данные об электромагнитных воздействиях СВЧ полей уровнями ниже 20 мкВт/см^2 в оригинале вообще отсутствуют. Более того, подчеркивается, что «данные на уровне ниже 0,1–1 мВт/см^2 просто подтверждают имеющуюся чувствительность организма (точнее, его отдельных систем) к воздействию СВЧ – так же, как, например, действует на наш глаз свет (как известно, для этого достаточно всего двух-трех квантов)».

Методические рекомендации [4] были предложены в качестве основополагающего документа и отправной точки для медико-биологических оценок электромагнитных воздействий, образующих основу для формирования риск-ориентированных подходов и определения ПДУ. Монохроматических радиосигналов или сигналов с амплитудной модуляцией, для которых разрабатывались ПДУ, вообще нет на современных селитебных территориях. С внедрением современных сетевых технологий пространственно-временные и энергетические характеристики электромагнитной обстановки полностью видоизменяются и не соответствуют всем вышеперечисленным принципам разработки существующих в настоящее время норм.

В теории и практике санитарно-гигиенической экспертизы ЭМП десятилетиями формировалось стойкое убеждение, что утвержденные у нас нормы самые правильные и обоснованные. Проведенный анализ норматива для диапазона частот более 300 МГц показывает, что принят он на основе грубой ошибки в толковании результатов отечественных и зарубежных исследований. Более всего тревожит то, что сомнительный норматив автоматически переносится на современные беспроводные технологии и закрепляется новыми методическими документами.

Медико-биологическое обоснование воздействия ЭМП, непрофессиональное в таком виде, чревато следующими рисками:

• во много раз увеличиваются площади территорий и количество точек с критическими по ошибочным гигиеническим оценкам значениями ЭМП;

• из-за предъявления необоснованных гигиенических требований тормозится развитие беспроводных технологий связи;

• многократно увеличивается объем бессмысленных работ по электромагнитному мониторингу, что приводит к неоправданно большим затратам многочисленных структур, занимающихся электромагнитным мониторингом, необоснованно дорогостоящими и сложными в эксплуатации приборами;

• обостряется социальная напряженность вокруг излучающих фрагментов нового телекоммуникационного оборудования;

• возникают препятствия на пути гармонизации отечественных и зарубежных стандартов по воздействию ЭМП;

• провоцируется конфликт интересов при развитии систем связи и сетевых технологий, использующих беспроводный доступ.

Важнейшим фактором, обеспечивающим функционирование телекоммуникационной инфраструктуры, выступает качество соответствующей нормативно-правовой документации. Действующие в настоящее время Санитарные правила и нормы представляют собой документы, написанные на «древнегигиеническом» языке, категорийный аппарат которого не соответствует как текущему уровню, так и перспективам развития радиотехнологий.

Отсутствие концепции и прозрачной стратегии развития нормативно-правовой документации, игнорирование перспектив внедрения сетей 5G приводят к полной неопределенности государственного регулирования процессов масштабного внедрения беспроводных технологий. Это сопровождается необоснованным категоричным отказом даже обсуждения очевидной несостоятельности существующих ПДУ ЭМП, создаваемых системами беспроводной связи, при полном отсутствии соответствующих медико-биологических исследований в РФ.

Для устранения отставания в развитии теории и практики ЭМБ от современных тенденций необходимо организовать разработку научно-обоснованных современных санитарных норм и правил, соответствующих положениям концепции ЭМБ. Подчинение нормативных документов всех уровней единой концепции обеспечит эффективное сопровождение ЭМБ трендов развития телекоммуникаций.

Действующие в настоящее время «Методические указания. Определение уровней ЭМП, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ вещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи» (МУК 4.3.1677-03) не отвечают требованиям электромагнитного мониторинга сетей 5G. Нужен коренной пересмотр основ мониторинга применительно к этим сетям. Возможно, и что весьма вероятно, надо отказаться от расчетного и инструментального контроля излучения отдельных фрагментов сети и оперировать понятиями «типовые сценарии размещения», «объемная или поверхностная плотность размещения станций», «сетевая ЭМБ», «режимы энергетического насыщения сети», «категории обслуживаемых территорий» и прочее. Так же неизбежным является отказ от базовой категории «ПРТО» в пользу, например, категории «сетевой фрагмент». К этому склоняет факт большого количества базовых станций на единицу обслуживаемой статистически неоднородной территории, как следствие, мерцающая по уровням электромагнитная обстановка. В конечном счете, это приводит к необходимости применения для ее описания вероятностных методов обработки информации.

Для ЭМБ важно отметить, что ожидаемая топология сетей 5G, особенно внутри зданий и в городских густонаселенных районах, размывает понятие ПРТО, точки эмиссии ЭМП могут располагаться на расстояниях менее 20 м друг от друга хаотичным образом. Абоненты сети будут находиться непосредственно в зонах действия сразу нескольких точек доступа как бы внутри объема, в который поступает электромагнитная энергия с нескольких

направлений, в том числе и переотраженная от различных конструкций. Если учесть возможное агрегирование частотных ресурсов, неравномерные «мерцающие» режимы работы оборудования и постоянно меняющийся трафик, то получим неопределенность в идентификации источника, в понятии направление на источник излучения и его мощности, в определении поляризации поля. В таких условиях мониторинг электромагнитной обстановки в существующей его трактовке становится просто невозможным. Это относится как к инструментальному контролю, так и расчетному прогнозированию.

Необходимы новые подходы, адекватные модели и обоснованные критерии оценки [6,7], основой которых должен быть характерный для излучающих устройств параметр – излучаемая мощность.

В проектах стандартов устанавливаются требования на размещение передающих антенн базовых станций, что определяет их расположение относительно зон обслуживания и расстояние до мест возможного пребывания человека. Не анализируя варианты размещения для различных разработчиков стандартов и не детализируя диапазоны частот, отметим, что в сравнении с действующими правилами, высоты подвеса антенн уменьшаются до 2–6 м при размещении их в зданиях и районах с высокой плотностью населения и до 10–15 м в городских и пригородных макросотах. Снижение высоты подвеса антенны неизбежно приводит к увеличению интенсивности ЭМП на прилегающих площадках и, естественно, к обострению проблем ЭМБ.

Применение на сетях 5G смарт-антенн принципиально изменяет подходы к инструментальному и расчетному контролю электромагнитной обстановки, поэтому переходу на электромагнитный мониторинг сетей 5G должно предшествовать обновление соответствующей методической документации.

Анализ развития сетевых технологий, обеспечивающих предельные для современной техники характеристики передачи информации, выявил существенное отставание технологий ЭМБ и сопутствующего ей электромагнитного мониторинга.

Действующие ПДУ, закрепленные в нормативно-правовых документах, не соответствуют излучаемым сетями 5G сигналам по своим частотным, пространственно-временным и спектральным ограничениям, а также в значительной степени отличаются от принятых за рубежом норм, принципов их разработки и правоприменительной практики. Для получения научно-обоснованных ПДУ электромагнитных полей для отличающихся своими режимами работы современных технических средств должны применяться методы медико-биологических исследований, основанные не на примитивных моделях излучателей, а на имитаторах сигналов (как это делается в научных разработках в области телекоммуникаций). Только так можно обеспечить гармонизацию отечественных и международных стандартов ЭМБ, которые безуспешно обсуждаются у нас уже более трех десятков лет и успешно решаются странами ЕАСС [8]. В связи с этим напрашивается смена парадигмы ЭМБ – отказ от строгой регламентации и ограничений и переход к практике рекомендаций, как это сделано в большинстве развитых стран.

Практика внешнего контроля эмиссии ЭМП элементами сетей 5G, которые сами являются носителями функций обеспечения работы огромного количества устройств и датчиков интернета вещей, представляется просто абсурдной, поскольку функция определения и контроля зон обслуживания по ЭМП заложена даже в сети предыдущих поколений. Необходимость инструментального контроля можно признать только для особых, критических и спорных случаев топологии фрагментов сетей.

Список литературы

1. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Концептуальный кризис в электромагнитной безопасности телекоммуникационных сетей и систем. Электросвязь, 2017. № 7, С.18-23.
2. Маслов М.Ю. Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Принципы и подходы преодоления концептуального кризиса в электромагнитной безопасности. Электросвязь. – 2018. – № 4. – С.12-18.
3. Сподобаев Ю.М. Актуализация подходов к нормированию электромагнитных полей, создаваемых сетевыми технологиями пятого поколения. Электросвязь. – 2019. – №6. – С. 14-18.
4. МР 2.1.10.0061—12. Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест: Методические рекомендации. -М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. -35 с.
5. Минин Б.А. СВЧ и безопасность человека. -М.: Сов. радио, 1974.—352 с.
6. Маслов М.Ю. Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Базисные аспекты концепции электромагнитной безопасности перспективных сетей связи поколения 5G/IMT-2020. Электросвязь. – 2019. – № 4. – С. 48-52.
7. Маслов М.Ю. Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Электромагнитная безопасность: критические характеристики сетей 5G. Электросвязь. – 2019. – № 4. – С.53-58.
8. ГОСТ IEC 62311–2013. Оценка электронного и электрического оборудования в отношении ограничений воздействия на человека электромагнитных полей (0 Гц – 300 ГГц). – Минск: Госстандарт, 2013 – 62 с.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА, СОЗДАВАЕМОГО СИСТЕМАМИ СОТОВОЙ (МОБИЛЬНОЙ) СВЯЗИ

В.И.Мордачев
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь, mordachev@bsuir.by

Предложена методика оценки уровня электромагнитного фона, создаваемого системами сотовой связи 2G/3G/4G/5G, на основе анализа электромагнитной нагрузки на территорию, создаваемой базовыми и абонентскими станциями, и прогноза территориальной плотности мобильного трафика информационного обслуживания населения этими системами.
Ключевые слова: Сотовая связь, электромагнитный фон, электромагнитная нагрузка, мобильный трафик, электромагнитная безопасность.

ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC BACKGROUND, CREATED BY SYSTEMS OF THE CELLULAR (MOBILE) COMMUNICATIONS

V.I.Mordachev
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus
mordachev@bsuir.by

A method for estimating the level of electromagnetic background generated by 2G/3G/4G/5G cellular communication systems is proposed. It based on the analysis of the electromagnetic loading on area created by base and subscriber stations, and on prediction of the area traffic capacity created by the set of information services accommodated by these systems.
Keywords: Cellular communications, electromagnetic background, electromagnetic loading, area traffic capacity, electromagnetic safety

Полномасштабное внедрение технологий 4G (LTE) и развитие систем сотовой связи (СС) IMT-2020 (5G) с ожидаемым глубочайшим проникновением беспроводных технологий во все сферы человеческой деятельности при существенном расширении полос частот радиоканалов (до 20-160 МГц), увеличении на 1-2 порядка скоростей передачи данных по радиоканалам (до 5-10 Гбит/с в радиоканалах базовых станций и до 100 Мбит/с при передаче данных через пользовательский интерфейс), пространственной плотности РЭС - источников электромагнитных (ЭМ) излучений (до 10^6 РЭС/км^2), а также территориальной плотности мобильного трафика (до 10 Мбит/с/м^2) может быть причиной катастрофического ухудшения ЭМ экологии среды обитания и недопустимого снижения ЭМ безопасности населения. Данное обстоятельство определяет актуальность разработки эффективных методов прогнозирования степени ЭМ загрязнения системами СС окружающей среды.

Прямой расчет интенсивности электромагнитного фона (ЭМФ), создаваемого ЭМ полями базовых (БС) и абонентских (АС) станций СС, как правило, невозможен в силу априорной неопределенности исходных данных. Автором предлагается методика [1-5] практической оценки интенсивности ЭМФ, создаваемого системами СС, на основе анализа интегральных системных характеристик сетей СС - электромагнитной нагрузки на территорию (ЭМНТ), создаваемой БС и АС, и территориальной плотности мобильного трафика информационного обслуживания населения этими системами.

В основу предлагаемой методики оценки средней интенсивности ЭМФ, создаваемой БС и АС СС в точке наблюдения (ТН) вблизи земной поверхности на высоте H_{OP} = 1-2м, положены следующие базовые понятия, модели и соотношения:

1. Под интенсивностью Z [Вт/м^2] ЭМФ в ТН понимается скалярная сумма значений плотности потока мощности ЭМ полей, создаваемых источниками этих полей, расположенными в зоне их радиовидимости из ТН.
2. Под средней ЭМНТ B [Вт/м^2], создаваемой множеством источников рассматриваемого вида с круговой диаграммой направленности ЭМ излучения, понимается средняя суммарная эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) этих источников, приходящаяся на единицу площади территории.
3. Под территориальной плотностью S_{tr} [бит/с/м^2] мобильного трафика информационного обслуживания населения понимается объем нисходящего трафика по радиоканалам БС, приходящийся на единицу площади территории.
4. Средняя суммарная интенсивность ЭМФ $Z_{\Sigma BS}$ [Вт/м^2], создаваемого в ТН множеством БС, расположенных случайно равномерно по отношению к ТН во всей области радиовидимости БС из ТН, определяется соотношением:

$$Z_{\Sigma BS} = \frac{B_{TBS}}{2} ln\left(\frac{4\sqrt{e}H_{OP}}{\lambda}\right) \approx \frac{B_{TBS}}{2} ln\left(\frac{6.6 \cdot H_{OP}}{\lambda}\right), \quad H_{OP} \geq \frac{\lambda}{4}, \qquad (1)$$

где λ - длина волны, соответствующая полосе частот ЭМ излучения БС данного вида, B_{TBS} [Вт/м^2] - ЭМНТ, создаваемая БС данного вида в области размещения ТН.

5. Средняя суммарная интенсивность ЭМФ $Z_{\Sigma MS}$ [Вт/м^2], создаваемого в ТН на высоте H_{OP} = 1-2м над поверхностью всем множеством АС, расположенных на высоте $h \approx H_{OP}$ над поверхностью случайно равномерно по отношению к ТН в области радиовидимости АС из ТН, при пессимистической оценке [3] условного радиуса реактивной (ближней) зоны ЭМ излучения АС определяется соотношением:

$$Z_{\Sigma MS} = \frac{B_{TMS}}{2} ln\left(\frac{8\pi\sqrt{e}h^2}{\lambda^2}\right) \approx \frac{B_{TMS}}{2} ln\left(\frac{13.2 \cdot \pi h^2}{\lambda^2}\right), \quad h \geq \frac{\lambda}{2\sqrt{2\pi}}, \qquad (2)$$

где B_{TMS} [Вт/м^2] - ЭМНТ, создаваемая АС данного вида в области размещения ТН.

6. При близких к круговым диаграммам направленности ЭМ излучений БС и АС создаваемые ими ЭМНТ могут быть определены через их средние территориальные плотности ρ_{BS} [БС/м^2]и ρ_{MS} [АС/м^2]: $B_{TBS} = \rho_{BS}P_{eBS}$, $B_{TMS} = \rho_{MS}P_{eMS}$, где P_{eBS} и P_{eMS} - средние значения ЭИИМ БС и АС соответственно. При использовании БС с направленным ЭМ излучением (с секторной зоной обслуживания) расчет создаваемой ими средней ЭМНТ должен выполняться с учетом направленности их ЭМ излучений и фактической площади облучаемой ими территории.

При равномерном случайном распределении АС, являющихся получателями информации, по территории со средней плотностью ρ_{MS} , если каждая АС принимает поток со скоростью V [бит/с], то средняя территориальная плотность трафика информационного обслуживания населения по прямым каналам БС будет равна $S_{tr} = \rho V$ [бит/с/м^2], и средняя ЭМНТ, создаваемая БС, составит [5]:

$$B_{\Sigma BS} = \frac{8\pi^2 kT_0 K_N K_H L_m L_C \left(2^{mS_{ER}} - 1\right)\left(K_{CC} + 1\right) R_{max}^2 S_{tr} Q}{\lambda^2 S_{ER}}, \qquad (3)$$

где $Q=P_{AR}/P_{AI}<1$ - системный параметр направленности ЭМ излучения БС (направленности ЭМ излучения битов передаваемой информации); здесь P_{AR} и P_{AI} – значения мощности ЭМИ БС, достигающей области наблюдения вблизи земной поверхности, для случая реальной

антенны БС с избирательностью по горизонтали и вертикали, и для случая идеальной всенаправленной (изотропной) антенны БС с тем же коэффициентом усиления, соответственно; если структура радиосети регулярна с N_S секторами на каждой БС, то $Q \approx 1/N_S$. Соотношение (3) получено при условии, что на входе радиоприемника АС присутствует сигнал минимально необходимого уровня, соответствующего необходимому значению защитного отношения "сигнал/(шум + внутрисетевая помеха)". В этом соотношении k – постоянная Больцмана, $1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.; K_N – коэффициент шума радиоприемника; T_0 – температура окружающей среды, град. (T_0=290К); S_{ER} [бит/с/Гц] - спектральная эффективность передачи информации в радиоканалах БС, m - коэффициент, характеризующий, во сколько раз реальная спектральная эффективность радиоканала ниже потенциальной; K_H - коэффициент, характеризующий необходимый запас по уровню принимаемого сигнала АС для реализации хендовера (4-10 раз); L_m - необходимый запас по уровню принимаемого сигнала АС для компенсации потерь на затухание радиоволн в зданиях (зависит от диапазона частот, а также этажа, особенностей архитектуры, материала здания и других факторов и составляет в среднем 20-100 раз); L_C - необходимый запас по уровню принимаемого сигнала АС для компенсации потерь на замирания при распространении радиоволн в "каньонах" городской застройки (связаны с многолучевостью и дифракцией, зависят от высоты и плотности застройки, высот подвеса антенн БС, высоты и характера пространственного размещения АС и т.п., и могут составлять 10-100 раз); R_{max} - радиус зоны обслуживания (сайта) БС; коэффициент K_{CC} характеризует создаваемое превышение уровнем внутрисетевой помехи уровня теплового шума; его величина определяется качеством частотно-пространственного планирования (ЧПП) радиосети и может принимать значения в широких пределах от 0 (внутрисетевая помеха отсутствует) до 100...1000 и даже более (при низком качестве ЧПП; при функционировании СС с завышенными уровнями полезного сигнала, что при кластерной пространственной топологии СС является причиной завышенных уровней внутрисетевой помехи).

Полученные базовые соотношения (1)-(3) обеспечивают возможность оценки интенсивности ЭМФ, создаваемого радиосетями СС на обслуживаемой территории, непосредственно на основе анализа ЭМНТ, создаваемой БС и АС, либо на основе прогноза средней территориальной плотности беспроводного трафика информационного обслуживания населения в периоды наибольшей нагрузки и данных о размерах сайтов в рассматриваемой радиосети СС, не прибегая к сложному и трудоемкому анализу радиоэлектронной обстановки. Данная методика верифицирована с использованием опубликованных результатов измерений ЭМФ [4] и может быть использована при анализе ЭМФ, создаваемого РЭС различных радиослужб.

Список литературы

1. V.Mordachev. Worst-Case Models of Electromagnetic Background Created by Cellular Base Stations // Proc. of the 9th Intern. Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC 2013), Cagliari, Sardinia, Italy, July 1-5, 2013, p.590-595.
2. V.Mordachev. Worst-Case Estimation of Electromagnetic Background Created by Cellular Mobile Stations Near Ground Surface // Proc. of Int. Symp. “EMC Europe 2014”, Gothenburg, Sweden, Sept. 1-4, 2014, pp.1275-1280.
3. Мордачев В.И. Оценка динамического диапазона уровней электромагнитных полей сотовых телефонов с учетом границ ближних зон их излучений // Доклады БГУИР, №6(100), 2016, с.73-79.

4. Мордачев В.И. Верификация модели наихудшего случая для оценки средней интенсивности электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями сотовой связи // Доклады БГУИР, №1(111), 2018, с.12-18.
5. Мордачёв В.И. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого беспроводными системами информационного обслуживания населения, на основе прогноза территориальной плотности трафика // Доклады БГУИР, №2(120), 2019, с.39-49.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА - КАК ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Г.А.Ташпулатова, Д.А. Зарединов, М. Магай, Г.М. Хамидова, Л.М. Максудова.
Ташкентский институт усовершенствования врачей, Ташкент, Узбекистан,
dok.ibadova@mail.ru

Резюме: Проведена оценка загрязнения окружающей среды населенных мест и жилых помещений электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона (ЭМИРЧ) от базовых станций (БС) сотовой связи с изучением субъективных реакций населения;
измерения фоновых уровней ЭМИ от БС, создаваемых в учебных помещениях; оценка условий труда персонала РТС на основе комплексного исследования производственных факторов; экспериментальные исследования для разработки нормативных значений ЭМИРЧ для населения.

Результатами исследований показано, что ЭМИРЧ является значимым фактором, влияющим на санитарно-гигиенические, физиологические аспекты жизни человека и животных, что обусловливает необходимость постоянного мониторинга, контроля и надзора за ним.

Ключевые слова: ЭМИРЧ, окружающая среда, гигиеническое нормирование, условия труда.

ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE RADIO FREQUENCY RANGE AS A HYGIENIC PROBLEM

G. A Tashpulatova., D.A. Zaredinov, M. Magay, G.M. Khamidova, L.M. Maksudova.
Tashkent Institute of Postgraduate Medical Education, Tashkent, Uzbekistan
dok.ibadova@mail.ru

Summary. The assessment of environmental pollution of settlements and residential buildings of Electromagnetic Radiation of the Radio Frequency (EMRRF) from Cellular Base Stations (BS) with the study of the subjective reactions of the population;
the measurement of the background levels of Electromagnetic Radiation from the Base Stations, created in educational facilities; assessment of working conditions of employees on the basis of a comprehensive study of production factors within a work shift; experimental research study to develop normative values of EMRRF for the population.

The results of the research show that EMRRF is an important factor affecting the sanitary, hygienic, physiological aspects of human and animal life, which necessitates constant monitoring, control and supervision of it.

Key words: EMRRF, environment, hygienic regulation, working conditions.

Актуальность. Анализ планов отраслей связи, передачи и обработки информации и ряда современных технологий показывает, что в ближайшем будущем использование технических средств, генерирующих электромагнитную энергию в окружающую среду будет неуклонно нарастать, что приводит к тесному взаимодействию различных групп населения с источниками электромагнитных излучений (ЭМИ). В этой связи, гигиеническая оценка электромагнитного загрязнения окружающей среды населенных мест, изучение реакций организма человека и животных на регулярно изменяющийся электромагнитный фон, который способен вызвать в определенных условиях различные патологические изменения в

организме человека и животных остается чрезвычайно актуальной проблемой [1,2].

В этой связи **целью** наших исследований явилось: Комплексная оценка загрязнения окружающей среды ЭМИ РЧ и влияние их на состояние здоровья различных групп населения и экспериментальных животных.

Материалы и методы исследования:

Методы исследования: санитарно-гигиенические, социологические (опросы), экспериментальные, биохимические, статистические методы.

Объект исследования: антенно-мачтовые сооружения базовых станций 4-х ведущих сотовых компаний Узбекистана; помещения жилых, общественных зданий и территория жилой застройки; рабочие места основного персонала производственных помещений радиотехнических объектов (РТО); 288 учащихся и учебные помещения 6-9 классов общеобразовательных школ г.Ташкента; экспериментальные животные - 60 белых крыс;

Предмет исследования. Замеры уровня ЭМИ, шума, микроклиматических показателей, освещенности, тяжести и напряженности трудового процесса и др. физических факторов на рабочих местах РТО. Замеры уровня ЭМИ в зонах жилой застройки, помещениях жилого фонда и др (150 объектов). Результаты анонимного анкетирования 500 лиц, проживающих вблизи БС. Замеры уровней ЭМИ фоновых (в различных точках учебных помещений) и создаваемых различными моделями телефонов, используемых учащимися (500 замеров). Для измерения ЭМИРЧ диапазона 300 МГц – 300 ГГц по плотности потока энергии (ППЭ), $\mu W/cm^2$, в диапазонах работы мобильных телефонов (МТ) и базовых станций (БС) использовались приборы «П3 – 18» (Россия) и «NBM - 550» (Германия) с изотропными датчиками. Анкеты и результаты физиологического тестирования (оценка работоспособности методом хронорефлексометрии, использование корректурных таблиц В.Н.Анфимова, определение критической частоты световых мельканий (КЧСМ) до начала учебы и по завершении занятий) учащихся 6-9 классов школ г.Ташкента, пользующихся мобильными телефонами; кровь крыс для биохимических исследований. .

Оценка условий труда персонала РТС проводилась на основе комплексного исследования производственных факторов, действующих в течение рабочей смены: уровень ЭМИ, шум, микроклиматические показатели, освещенность, тяжесть и напряженность трудового процесса.

Основу экспериментальных исследований составили биохимические тесты по определению возможностей адаптации и пороговой мощности для выработки нормативных значений ЭМИРЧ для населения. Забор крови производили до начала, во время эксперимента (через 1 мес. и 2 мес. воздействия ЭМИРЧ) и через 1 мес. после окончания эксперимента (период восстановления), с исследованием содержания в крови аскорбиновой кислоты, серотонина, гистамина и холинэстеразы.

Результаты исследований. Оценка субъективной реакции населения, проживающего вблизи расположения антенн БС показала, что аргументы большей части респондентов (люди старше 35 лет) основаны на материалах, представленных в СМИ, которые формируют их негативное отношение к БС. Замеры фактических уровней ЭМИ от БС показали, что на крышах зданий, в аппаратных комнатах БС, на верхних этажах жилых квартир и прилегающих территориях, значения ППЭ не превышали ПДУ. Исследование территорий жилой застройки показало, что во всех случаях антенно-мачтовые сооружения БС располагались на достаточно высоких зданиях или на возвышенностях рельефа местности относительно жилой застройки. Эти факторы обусловили нахождение биологически опасной зоны (санитарно-защитной зоны - СЗЗ) и зоны ограничения застройки (ЗОЗ) от антенн на безопасной высоте и расстоянии от территории жилой застройки.

Проведена гигиеническая оценка влияния ЭМИ, создаваемых мобильными телефонами

различных моделей на школьников. Измерение уровней ЭМИ у основных моделей сотовых телефонов, используемых школьниками показало, что средние значения ППЭ практически соответствуют нормативным значениям (100 μW/cm^2). Результатами анкетирования учащихся было определено, что, в целом, школьники не превышают регламентов рекомендуемого времени: 3 мин. разового разговора и 1,5 часа в день - для общего времени. Анализ функционального состояния ЦНС по ряду психосоматических и физиологических тестов показал заметные различия, которые подтвердили влияние ЭМИ на центральную нервную систему детей и подростков.

Гигиеническая оценка условий труда на некоторых РТС г.Ташкента, Ташкентской и Сырдарьинской областей показала, что основными неблагоприятными факторами производственной среды изученных объектов являются: прямое и длительное воздействие ЭМИРЧ с превышением ПДУ; шум и вибрация от работающего оборудования; электрические поля промышленной частоты (50 Гц) – являющиеся постоянной фоновой составляющей рабочего процесса; большая продолжительность рабочей смены (8-12 часов); высокая напряженность трудового процесса. В новых цехах цифрового телевидения, несмотря на новые технологические условия, неблагоприятные санитарно-гигиенические факторы также имели место быть, что дало нам основание констатировать, что по уровню санитарно-гигиенического воздействия указанных факторов, профессии, сопряженные с прямым и постоянным контактом с ЭМИРЧ по степени тяжести и напряженности трудового процесса следует отнести к 3-му классу 3-ей степени. Оценка условий труда соответствовала индексу профзаболеваемости 0,25-0,49 и профессиональному риску категории – высокий (непереносимый – 5 степени).

Для опыта по нормированию ЭМИРЧ крысы (60 животных) были поделены на 6 групп (по 10 животных в каждой). 1 группа – контрольная, содержавшаяся в аналогичных условиях, как и другие, но без воздействия ЭМИ; 2 группа, подвергшаяся воздействию ЭМИ 1000 μW/cm^2 и частотой 1800 MHz; 3 группа, с ЭМИ 500 μW/cm^2; 4 группа, с ЭМИ 250μW/cm^2; 5 группа, с ЭМИ 125μW/cm^2; 6 группа - 50μW/cm^2. Было установлено, что порог вредного действия ЭМИРЧ по таким показателям, как концентрация в крови аскорбиновой кислоты, серотонина, гистамина и холинэстеразы располагается на уровне 125 μW/cm^2. С учетом коэффициента гигиенического запаса - 50, ПДУ ЭМИ частотой 1800 MHz, для населения соответствует 2,5 μW/cm^2.

Выводы. Результаты исследований показали, что ЭМИРЧ является значимым фактором, влияющим на санитарно-гигиенические, физиологические аспекты жизни человека и животных, что обусловливает необходимость постоянного мониторинга, контроля и надзора за ним.

Список литературы

1. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г. ЭМП сотовых телефонов как возможный канцероген - к оценке риска воздействия. // Бюл. мед. Интернет-конференций. - 2012. - Т. 2, № 6. - С. 461-465.
2. Григорьев Ю. Г. Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы к оценке риска (анализ современных отечественных и зарубежных данных) // Гигиена и санитария. 2014. №3. С.11-16.

EXPOSURE LIMITS FOR NON-IONIZING RADIATION (NIR) IN BULGARIA AS AN EU MEMBER

Michel Israel[1,2], Victoria Zaryabova[1], Mihaela Ivanova[1], Tsvetelina Shalamanova[1], Petya Ivanova[1]

[1]National Centre of Public Health and Analyses, Sofia 1431, 15 Acad. Iv.Geshov Boul.
[2]Medical University-Pleven, 1 Kl. Ohridski Str

Introduction and history

The history of implementation of exposure limits for electromagnetic fields (EMFs) for ***occupational exposure*** in Bulgaria dates from 1971. Most of the standards were harmonized in the period 1977 – 1981 through bilateral collaboration or co-operation of all COMECOM countries. Later, in 1986 and 1991 they were improved by implementing the exposure dose parameters.[1]

Three national standards were in action up to 2011 – one for radiofrequency radiation (60 kHz up to 300 MHz), second for microwaves (300 MHz to 300 GHz), and the third for power frequency fields. All of them introduced time-weighted limits.

Later, in 1999, in relation to the development of the new labour legislation, a new Ordinance No. 7, State gazette 88, 1999, has been implemented. There, all requirements for protection of the workers exposed to different physical and chemical factors were described. Concerning EMFs, exposure limits for frequencies below 60 kHz were accepted as follows:

Electric fields

- For frequencies f = 0 to 100 Hz: Emax = 25 kV/m
- For f = 100 kHz to 4 kHz: Emax = $2{,}5.10^6$/f V/m
- For f = 4 kHz to 60 kHz: Emax = 625 V/m

Magnetic fields

- For static magnetic field: Bmax = 2 T (60 mT for 8 hours)
- For frequencies f = 1 Hz to 60 kHz: Bmax = 60/f, T
- Workers with pacemakers: Bmax = 1 mT for f < 6 Hz; Bmax = 0,1 mT for f = 50 Hz.

These limits were borrowed from the TLVs (threshold limit values) accepted by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), and they are very similar to the ICNIRP Guidelines or IEEE standards.[3,4,5,6,7]

The period from 2011 till 2016 was “empty period” in which the workers in our country exposed to EMF were not protected against radiofrequency EMFs (above 60 kHz) because of the lack of any legislation concerning electromagnetic fields in the working environment. The administration decided to cancel the standards concerning frequency electric field, and both standards for radiofrequencies and microwaves. Such, only the cited above Ordinance No. 9 with exposure limits below 60 kHz remained active up to 2016.

For laser radiation, Bulgaria implemented the ANSI standard in 1982 into the national legislation by two ordinances: one describing to the maximal permissible levels, and the other directed to the principles of laser safety – classification of laser systems and protective measures. Now they are replaced by transposed EU Directive 2006/25/EC through a mandatory Ordinance No. 5, State gazette 49, 2010.

There was not any national legislation concerning optical non-coherent radiation up to the year 2010.

Concerning the ***exposure to the general population***, the first ordinance for protection of the people in our country dated since 1991. It determines exposure limits for electric field (E, V/m) and for power density (S, μW/cm^2) for frequencies 30 kHz to 30 GHz, as follows:

30 kHz – 300 kHz: 25 V/m
300 kHz – 3 MHz: 15 V/m
3 – 30 MHz: 10 V/m
30 – 300 MHz: 3 V/m
300 MHz – 30 GHz: 10 μW/cm^2

Activities for improvement of the legislation

Important activity to start improvements was the creation of a national board of specialists on all protective issues concerning non-ionizing radiation. Following the good practice in most of the European countries, an Expert Consultative Body (ECB) created by the Ministry of Health in 1997. It brings together all stakeholders dealing with non-ionizing radiation protection, as control bodies, research teams, universities, industry/operators, local administration, government, citizens. The ECB was headed by the Main Governmental Health Inspector, and by the Bulgarian representative at WHO International EMF Project. The main core of this ECB body is from the National Centre of Public Health and Analyses (NCPHA).

The activities of this Expert Body is to propose to the government improvements of the legislation, to create working plans for research, to help specialists in the field of exposure and risk assessment, to develop and to promote national programs for risk communication, to discuss and communicate with people and others.

After the *E**astern European Regional EMF Meeting and Workshop "Measurements and Criteria for Standard Harmonization in the Field of EMF Exposure"***, and WHO EMF Standards Harmonization Meeting, Varna, Bulgaria, 2001, Bulgaria took important role in the process of standards harmonization. More than 30 publications in the field of philosophy of standards, different approaches and methodology in the field of human exposure limits were published. Our ideas were disseminated at many forums in the field of standards, as such in Varna, Seoul (2001), Balchik (Bulgaria) (2007), Prague (2004), San Antonio (USA) (2004, 2006), Wroclaw (Poland) (1999), Moscow and St. Petersburg (2002), Davos (2009), Brussels (2010 and 2013), Berlin (2010), at the time of International Advisory Committee (IAC) meetings of WHO, and many others.[2,8]

At this time our team took part in discussions, also direct in developing and implementation of the following standards:

- Directive 2013/35/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)
- Draft prEN 16489-1, 2 and 3 Professional indoor sun exposure services, 2013.
- IEEE C 95.1 to 6. Draft standard for safety levels to human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields, 0 Hz – 300 GHz, 2013-2019.

The ECB is guided by the requirements given in the documents issued by the WHO in 2006: *"Model legislation for electromagnetic fields protection"* and *"Framework for developing health-based EMF standards"*. There, general requirements for developing EMF standards looking through the Bulgarian reality are the followings:

- to have a law concerning EMF exposure to general population and protection
- to implement new exposure limits to follow the principle of the ICNIRP Guidelines (CR 1999/519/EC), and to keep the existing more strict limits for living areas

- to collect information for database of sources of radiation, for the levels of exposure, and all other documents needed for permission of use
- information should be open for public access
- responsibility of the responsible Minister to introduce legislation (ordinances, regulations) with concrete description of the exposure limits, methods of measurement and dosimetry, methods of evaluation of the exposure, precautionary measures
- requirements for periodic control of EMF exposures
- requirements for competence of the control bodies and the specialists doing measurements.

Changes in the Health Law have been developed several years ago, and finally, they are published on the website of Ministry of Health for public discussion. There, a new chapter "Non-ionizing radiation" is included and most of the requirements proposed by WHO, ICNIRP, Council recommendations (CR) 1999/519/EC are accepted for implementation. In this chapter, there are requirements for control of EMF exposures in residential areas, legal procedure for implementing of sources of radiation emitting in urban areas, and for developing and supporting of register of sources of radiation and EMF exposures as a basis for dissemination of information to the people. It is very important that the "precautionary subzone" that was proposed before as political decision to answer the fears of the population to EMF in the frequency range 900 – 2100 MHz - of 1 $\mu W/cm^2$ (0.01 W/m^2), has been removed by the proposed changes of the Health Law.

An Ordinance concerning details in exposure limits, methods of measurement, procedure for implementing new sources of EMF in the environment, precautionary measures is developed to be implemented following the legalizing of the changes in Health Law.

Our experience with onsite measurements of EMF, exposure assessment, from application of our communication program, from discussions with representatives of the public, control functions activities, etc. shows that the fears and problems existing amongst the public can be generalized as follows:

- There is confusion and fears from diseases and health consequences;
- People ask questions about the possible health effects on children;
- There are interests connected with financial-economic benefits posed by individuals;
- There is a lack or very poor or inconsistent information concerning EMF health effects on human body;
- Mobile operators and other companies disregard public interests in areas where sources of EMF radiation are built up;
- People don't want their landscape to be changed after mounting the antennae;
- There are people with chronic diseases that might aggravate the fears of EMF effects.

These all questions give us uncertainty about the direct implementing of the ICNIRP guidelines in Bulgaria (CR 1999/519/EC). It will lead to serious public concern because of the big difference between the actual and the proposed exposure limits. There is a need for other approach, and very wide and strategic communication program to accept the ICNIRP exposure limits in the legislation.

That was the reason that we developed a method for setting limits that is different for various regions and places where the population may stay depending on exposure time.

It was based on the ICNIRP guidelines for most of the cases of human exposure, and included other approach for circumstances which were worse for the people exposed. Here, we assume every day exposure to people that may have differences in their ability to tolerate a particular EMF exposure, "critical" or "sensitive" areas of stay or living, unknown conditions of exposure, etc.

Our proposal coverred *definition of exposure zones* where people could be exposed for different time of duration, and in different conditions. There we propose different exposure limits and verification of compliance.

Definition of exposure zones:

1. First zone (short-term stay) sets regions where only short-term human stay is possible: hard-to-access areas, slope roofs of residential buildings.

2. Second zone (periodical stay) sets regions where temporary and/or periodical human stay is possible: agricultural lands, accessible roofs of residential buildings, residence areas, streets, electric transport.

3. Third zone (temporary stay) sets "critical" in relation to risk perception regions: for recreation and leisure, parks, gardens, green spots, including attraction parks, recreation parks, zoos and botanical gardens, health recreation facilities, facilities for elderly people, rehabilitation and social re-adaptation establishments, children centers, schools, kindergartens, crèches, healthcare establishments, country/summer house areas.

4. Fourth zone (permanent residence) sets places for permanent human stay: residential premises, inside of public buildings (without workplaces), schools, health care establishments, kindergartens and crèches.

This classification enables a differentiated approach at implementation of exposure limits depending on the exposure.

The proposed reference levels were in compliance with the ICNIRP guidelines for the *first exposure zone*. Only the IEEE standard was used for static fields.[5]

For *the second zone* the limits were in accordance with the reference levels of ICNIRP over again, but for microwaves and for 50 Hz where we could expect more serious public concern. There, the limits of Belgium (25 to 50 Hz), and of IEEE (for 600 to 300 GHz) were implemented.

The strategy in the *third and 4th zones* which were in "critical" areas, and ***inside the buildings was to keep the actual exposure limits that are in use in Bulgaria***. This was for frequencies above 30 kHz. In frequency range up to 25 Hz, the ICNIRP reference levels were proposed, and above it some extrapolations were used up to 30 kHz.

Existing situation

The EU Directive 2013/35/EC has been implemented into the national legislation through an Ordinance RD-07-5 *for the minimal requirements for providing health and safety at work at risks by exposure to electromagnetic fields*, 29 November 2016, State gazette No. 95. It was in force by 1st March 2017.[9] According to this Ordinance, ***exposure limit values (ELVs)*** and ***action levels (ALs)*** were implemented for electric, magnetic and EMF with frequencies up to 300 GHz. New physical parameters, new philosophy and approaches were accepted concerning the exposure and risk assessment of EMF in different occupations. Some of these parameters are not measurable, and calculations and modeling are very important activities in cases when measured values are close to or exceeded the ALs.

Art. 15 of the Ordinance announces the possibility three Practical Guides to be used in the process of risk assessment by the employers[10,11,12], specialists performing measurement, control or evaluations, by the workers, trade unions, etc.

For the ***residential exposure,*** the Ordinance No. 9, 1991 is still in a power. Unfortunately, it is imperfect concerning the exposure limits because of the followings:

- It covers only electromagnetic sources in residential areas used for communication
- Frequency range is limited and sources of radiation with frequency out of this range could not be controlled

- There are not exposure limits foe magnetic fields
- Frequency dependence is stepped making the hygienic evaluation difficult.

Nevertheless, this Ordinance is in compliance with many EU good practices and requirements. For example, there the order for legalization of the electromagnetic emitters in residential areas is very good described. This should be done in two stages:

1. Calculation of a "safety zone" around the source on the base of documentation (technical characteristics of the emitters, plan, map or situation, mounting height of the antenna, etc) given by the owner of the object
2. Measurement and exposure assessment around the source for verification of the "safety zone".

This approach is very similar for most of the EU countries, also for other countries, and it is recommended by the international organization as a good practice in this area.

In addition, exposure limit of 10 μW/cm^2 for microwaves is already a fact for many EU countries as Belgium, Italy, Switzerland, nevertheless that they apply Council Recommendations 1999/519/EC that recommends up to 100 times higher limits:

- For 900 MHz – 45 times
- For 1800 MHz – 90 times
- For 2100 MHz – 100 times.

An informational web-based database for sources of EMF radiation in residential areas have been developed and managed by the NCPHA. There, the core team of ECB is dealing with collecting data and analysis of the information. Regional Health Inspectorates are involved in collecting data. One big problem is that there are not legal requirements for collecting information from the private laboratories performing measurements.

That is very important that implementing the EU Directive 2013/35/EC for workers exposure, and applying the Practical Guides proposed as a part of the Directive, the EU Council Recommendations 1999/519/EC for the population's exposure is a real fact. The Recommendations should be used for working places where general population have access, and for workers who are in a specific risk – pregnant women, workers with implants. Actually, this gives the possibility to apply the CR 1999/519/EC for all cases of population's exposure as minimal requirements given by the EU. The actual 10 μW/cm^2 can be used for living areas as more strict limits that are possible practice in most of the EU countries.

In 2010 Bulgaria transposed the Directive 2006/25/EC for optical radiation as Ordinance 5, State gazette 49. Training of the occupational health services and laboratories performing measurements and exposure assessment is going on. Now, Practical Guide according to Article 13 of the EU Directive is in a process of approval.

Unresolved issues

There are difficulties to apply the new EU legislation. Some of the problems are the followings:

1. We need a new chapter in the Health law "Non-Ionizing Radiation" with all requirements for protection of people against EMF overexposure, implementing the requirements of the WHO "Model legislation…".
2. There is a need of new ordinance containing of exposure limits, reference levels, safety zones, requirements for implementing new sources of radiation, requirements for measurement of EMF levels in residential areas, requirements for control of sources of EMF radiation, collection of data for sources and exposures.

3. Training and education in the field of measurement of EMF levels to increase the competence of the control bodies is one of the main requirements to have adequate control.
4. Requirements for collecting information and for web-based electronic databases in the field of EMF exposures are needed because of the impossibility to have data from the private laboratories.
5. It should be provided new equipment for 5G technology (for mm waves) and to develop methods for exposure assessment for such sources in residential areas.
6. There is a need of regulations concerning the exposure of population to optical/laser radiation, including solaria.

In conclusion, the best way to harmonize the exposure limits worldwide is every country to implement one of the international standards (European, IEEE, ICNIRP) as minimal requirements for protection of the people against EMF exposure, and to develop its own national policy. It can include more strict exposure limits, implementation of different zones of exposure (by EMF levels, by distance, by duration of exposure and others), regulations for measurement, how to improve competence of the control bodies and specialists, how to check it, to collect databases, information for the general population, to apply precautionary measures. One good approach is to arrange contract in a national level between the government and the industry how to emit EMF radiation safety, the way for legalizing the sources of EMF radiation, how to collect data, to reduce the emissions, and how to collaborate in the field of protection of the people.

One international suggestion (WHO, ILO, EC and others) is governments to increase the funds for research in the field of NIR protection in national levels.

Bibliography

1. Project 6.1.3. Development of standards for EMF radiation in the working environment, B. Dobrev and team, M. Israel and team, International COMECOM study, 1977-1980, 1981-1986, 1986-1991.
2. Israel M., M. Ivanova, V. Zaryabova - *Criticism in the philosophy for development of standards for non-ionizing radiation, Springer, The Environmentalist,* DOI: 10.1007/s10669-010-9300-y. 04/2012; 31(2):121-129.
3. ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields, Health Physics 96(4): 504−514; 2009.
4. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz), Health Physics 99(6):818−836; 2010.
5. C 95.6-2002. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz
6. C 95.1-2005. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz – 300 GHz
7. TLVs and BEIs – Threshold limit values for chemical substances and physical agents&biological exposure indices, ACGIH, 1999.
8. Israel M. – *"Phylosophy of Standards in Eastern Europe and Ideas for Standards Harmonization"*, *Proceedings, Eastern European Regional EMF Meeting and Workshop "Measurements and Criteria for Standard Harmonization in the Field of EMF Exposure"*, and WHO EMF Standards Harmonization Meeting, Varna, Bulgaria, Editors: M. Israel and M. Repacholi, Sofia, 2002, pp.67-73.
9. Ordinance RD-07-5 for the minimal requirements for providing health and safety at work at risks by exposure to electromagnetic fields, 29 November 2016, State gazette No. 95.

10. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Volume 1: Practical guide.
11. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Volume 2: Case studies.
12. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Guide for SMEs (small and medium enterprises).

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В БОЛГАРИИ, КАК ЧЛЕНЕ ЕС

Мишель Израел[1,2], Виктория Зарядова[1], Михаэла Иванова[1], Цветелина Шаламанова[1], Петя Иванова[1]

[1]Национальный Центр общественного здравоохранения и анализа, София 1431, 15 Акад. Ив. Гешова бул.
[2]Медицинский университет, Плевен, 1 Кл. Охридски ул.

Перевод на русский язык и научное редактирование
Л.В. Походзей, доктор медицинских наук, профессор

Введение и история

История применения предельных значений воздействия электромагнитных полей (ЭМП) для профессионального облучения в Болгарии начинается с 1971 года. Большинство стандартов были гармонизированы в период 1977-1981 годов в рамках двустороннего сотрудничества или сотрудничества стран СЭВ. Позднее, в 1986 и 1991 годах, они были усовершенствованы путем внедрения параметров экспозиционной дозы [1].

До 2011 года действовали три национальных стандарта - один для радиочастотного излучения (от 60 кГц до 300 МГц), второй для микроволн (от 300 МГц до 300 ГГц) и третий для полей промышленной частоты. Все они ввели временные ограничения.

Позднее, в 1999 году, в связи с разработкой нового трудового законодательства был принято новое Постановление № 7 (Государственный вестник 88, 1999). В нем были описаны все требования к защите работников, подвергающихся воздействию различных физических и химических факторов. Что касается ЭМП, то предельные значения экспозиции для частот ниже 60 кГц были приняты следующими:

Электрические поля

Для частот f = от 0 до 100 Гц: E_{max} = 25 кВ/м

Для f = от 100 кГц до 4 кГц: $E_{max} = 2{,}5 \cdot 10^6/f$ В/м

Для f = 4 кГц до 60 кГц: E_{max} = 625 В/м

Магнитные поля

Для статического магнитного поля: B_{max} = 2 Тл (60 мТл в течение 8 часов)

Для частот f = 1 Гц до 60 кГц: B_{max} = 60/f, Т

Работники с кардиостимуляторами: B_{max} = 1 мТл при f <6 Гц; B_{max} = 0,1 мТл при f = 50 Гц.

Эти ограничения были заимствованы из TLVs (пороговые предельные значения), принятые американской конференцией правительственных промышленных гигиенистов (ACGIH), и они очень схожи с руководящими принципами ICNIRP или стандартами IEEE [3,4,5,6,7].

Период с 2011 по 2016 год был “пустым периодом"- потерянным временем, в течение которого работники в нашей стране, подвергшиеся воздействию ЭМП, не были защищены от радиочастотных ЭМП (выше 60 кГц) из-за отсутствия какого-либо законодательства, регламентирующего электромагнитные поля в рабочей среде. Правительство решило отменить стандарты, касающиеся переменных электрических полей, а также оба стандарта для радиочастот и микроволн. Таким образом, только процитированное выше Постановление № 7 с предельными значениями экспозиции ниже 60 кГц оставалось в действии до 2016 года.

Что касается лазерного излучения, то Болгария внедрила стандарт ANSI в 1982 году в национальное законодательство двумя указами: одним из них установлены максимально

допустимые уровни, другим определены принципы лазерной безопасности – классификация лазерных систем и защитные мероприятия.

В настоящее время взамен них Указом № 5 (Государственный вестник 49, 2010) введены требования Директивы ЕС 2006/25/ЕС.

До 2010 года какого-либо национального законодательства, касающегося оптического некогерентного излучения, не было.

Что касается регламентации воздействия ЭМП на популяцию в целом, то первое постановление о защите населения в нашей стране было принято в 1991 году. Им установлены следующие предельно допустимые уровни воздействия электрического поля (Е, В/м) и плотности потока энергии ЭМИ (ППЭ, мкВт/см^2) для частот от 30 кГц до 30 ГГц:

30 кГц – 300 кГц: 25 В/м
300 кГц – 3 МГц: 15 В/м
3 – 30 МГц: 10 В/м
30 – 300 МГц: 3 В/м
300 МГц – 30 ГГц: 10 мкВт/см^2

Деятельность по совершенствованию законодательства

Важным этапом для начала совершенствования явилось создание Национального комитета по защите от неионизирующих излучений. Следуя передовой практике большинства европейских стран, в 1997 году Министерством здравоохранения был создан экспертно-консультативный орган (Expert Consultative Body - ECB). Он объединяет все заинтересованные стороны, занимающиеся защитой от неионизирующего излучения, такие как контрольные органы, исследовательские группы, университеты, промышленность/ операторы, местная администрация, правительство, граждане. ECB возглавлял Главный государственный санитарный инспектор и болгарский представитель в международном проекте ВОЗ по ЭМП. Основным ядром ECB является Национальный центр общественного здравоохранения и анализа (National Centre of Public Health and Analyses - NCPHA).

Деятельность этого экспертного органа заключается в том, чтобы подготавливать для правительства предложения по совершенствованию законодательства, создавать рабочие планы исследований, помогать специалистам в области оценки экспозиций и рисков, разрабатывать и продвигать национальные программы по информированию о рисках широких масс населения и т.п.

После проведения Восточноевропейского регионального совещания по ЭМП и рабочего совещания «Измерения и критерии гармонизации стандартов в области воздействия ЭМП» и совещания ВОЗ по гармонизации стандартов ЭМП (Варна, Болгария, 2001), Болгария стала играть важную роль в процессе гармонизации стандартов. Было опубликовано более 30 работ в области философии стандартов, различных подходов и методологии определения предельно допустимых уровней для человека. Наши идеи были доложены на многих форумах в области стандартов, таких как Варна, Сеул (2001), Балчик (Болгария) (2007), Прага (2004), Сан-Антонио (США) (2004, 2006), Вроцлав (Польша) (1999), Москва и Санкт-Петербург (2002), Давос (2009), Брюссель (2010 и 2013), Берлин (2010), на заседаниях Международного консультативного комитета (МКК) ВОЗ и многих других [2,8].

Наша команда принимала участие в дискуссиях, а также в непосредственной разработке и внедрении следующих стандартов:

- Директива 2013/35/ЕС Европейского парламента и Совета о минимальных требованиях безопасности для работников в отношении рисков, связанных с физическим воздействием (электромагнитные поля).
- Проект CEN EN 16489-1, 2 и 3 Профессиональные услуги соляриев, 2013.

- IEEE C 95.1 - 6. Проект стандарта по безопасным уровням воздействия на человека электрических, магнитных и электромагнитных полей 0 Гц-300 ГГц (2013-2019 годы).

ЕСВ руководствуется требованиями, изложенными в документах, выпущенных ВОЗ в 2006 году: «Типовое законодательство по защите от электромагнитных полей» и «Рамочная основа для разработки стандартов по гигиенической регламентации ЭМП».

Общие требования к разработке стандартов ЭМП в Болгарии с учетом ее особенностей следующие:

- принятие закона, касающегося оценки воздействия ЭМП на население и его защитывведение новых пределов воздействия в соответствии с принципами Руководства ICNIRP (CR 1999/519/EC) и сохранение существующих более строгих пределов для жилых зон
- сбор информации для базы данных об источниках излучения, уровнях облучения и документов, необходимых для разрешения их использования
- информация должна быть открыта для публичного доступа
- назначить ответственного министра за введение в нормативно-правовые акты (постановления, правила) величин предельных экспозиций ЭМП, методов измерения и дозиметрии, методов оценки воздействия, мер предосторожности
- требования к периодическому контролю воздействия ЭМП
- требования к компетентности органов контроля и специалистов, осуществляющих измерения.

Изменения в Закон О здравоохранении были разработаны несколько лет назад, и, наконец, они опубликованы на веб-сайте Министерства здравоохранения для общественного обсуждения. В него включена новая глава “неионизирующее излучение", в которой приняты к исполнению большинство требований, предложенных ВОЗ, ICNIRP, рекомендациями Еврокомиссии 1999/519/EC. В этой главе изложены требования к контролю воздействия ЭМП экспозиций в жилых районах, правовой процедуре размещения источников излучения на территории населенных пунктов, а также к разработке и сопровождению реестра источников и уровнях ЭМП, как основы для информирования населения. Очень важно, что “предупредительная подзона”, предложенная ранее в качестве политического решения для ответа на опасения населения по поводу ЭМП в диапазоне частот 900 – 2100 МГц - 1 мкВт/см^2 (0,01 Вт/м^2), была устранена предлагаемыми изменениями закона «О здравоохранении».

В связи с введением изменений в законодательство о здравоохранении разрабатывается постановление, касающееся детализации пределов воздействия, методов измерения, порядка внедрения новых источников ЭМП в окружающую среду, мер предосторожности.

Наш опыт измерений уровней ЭМП, оценки экспозиций, обсуждений с представителями общественности и т.д. показывает, что страхи и проблемы, существующие среди населения, могут быть обобщены следующим образом:

- Существуют страх возникновения болезней и других последствий для здоровья;
- Люди задают вопросы о возможном воздействии на здоровье детей;
- Существуют интересы, связанные с финансово-экономическими выгодами, получаемыми физическими лицами;
- Имеется недостаточная или очень скудная и противоречивая информация о воздействии ЭМП на организм человека;
- Операторы мобильной связи и другие компании игнорируют общественные интересы в районах, где размещаются источники ЭМИ;

- Люди не хотят, чтобы их ландшафт был изменен после установки антенн;
- Есть люди с хроническими заболеваниями, течение которых может усугубить из=за страха воздействия ЭМП.

Все это приводит к неопределенности прямой реализации рекомендации ICNIRP в Болгарии (CR 1999/519/EC). Это вызовет серьезную озабоченность общественности из-за большой разницы между действующими и предлагаемыми пределами экспозиций. Существует необходимость в другом подходе, а также очень широкой и стратегической коммуникационной программе, чтобы принять пределы воздействия ICNIRP в законодательство.

Это явилось причиной того, чтобы мы разработали метод установления дифференцированных пределов экспозиций в зависимости от времени и места пребывания населения в условиях воздействия ЭМП.

Он основывался на руководящих принципах ICNIRP для большинства случаев воздействия ЭМП на человека с учетом наихудших условий облучения. Здесь мы учитываем возможность ежедневного воздействия на людей, которые могут иметь различия в их способности переносить определенное воздействие ЭМП, “критические” или "чувствительные" зоны пребывания или проживания, неизвестные условия облучения и т. д.

Наше предложение касалось определения зон воздействия, в которых люди могут находиться в разное время и в разных условиях. Здесь мы предлагаем дифференцированные пределы воздействия и проверки соответствия.

***Определение зон воздействия*:**

1. Первая зона (кратковременное пребывание) устанавливает места, где возможно только кратковременное пребывание человека: труднодоступные районы, наклонные крыши жилых домов.

2. Вторая зона (периодическое пребывание) определяет места, где возможно временное и / или периодическое пребывание человека: сельскохозяйственные угодья, доступные крыши жилых домов, жилые районы, улицы, электротранспорт.

3. Третья зона (временное пребывание) устанавливает места, “критичные " в связи с осознанием риска: места для отдыха и досуга, парки, сады, зеленые зоны, в том числе парки аттракционов, парки культуры и отдыха, зоопарки и ботанические сады, оздоровительные базы отдыха, учреждения для пожилых людей, реабилитационные и социально-реабилитационные учреждения, детские центры, школы, детские сады, ясли, учреждения здравоохранения, загородные/дачные зоны.

4. Четвертая зона (постоянное место жительства) устанавливает места постоянного пребывания человека: жилые помещения, внутри общественных зданий (без рабочих мест), школы, учреждения здравоохранения, детские сады и ясли.

Данная классификация позволяет дифференцированно подходить к установлению пределов воздействия в зависимости от экспозиции.

Предлагаемые контрольные уровни соответствовали руководящим принципам ICNIRP для первой зоны воздействия. Для статических полей использовался только стандарт IEEE [5].

Для второй зоны пределы экспозиций соответствовали также руководящим принципам ICNIRP, кроме микроволнового диапазона и полей промышленной частоты 50 Гц, где мы могли ожидать более серьезной общественной озабоченности. Там были приняты нормативы Бельгии (от 25 до 50 Гц) и IEEE (от 0 до 300 ГГц).

Стратегия в третьей и четвертой зонах состояла в том, чтобы сохранить фактические пределы воздействия, которые используются в Болгарии (для частот выше 30 кГц). В

диапазоне частот до 25 Гц были предложены уровни по ICNIRP, а для частот от 25 Гц до 30 кГц предельные значения установлены путем экстраполяции.

Существующая ситуация

Директива ЕС 2013/35 / ЕС была внедрена в национальное законодательство посредством постановления РД-07-5 *О минимальных требованиях к обеспечению охраны здоровья и безопасности на производстве при воздействии электромагнитных полей*, 29 ноября 2016 г., (Государственный вестник № 95). Оно вступило в силу к 1 марта 2017 года [9]. Согласно этому постановлению, *предельные значения воздействия (ELVs)* и *действующие уровни (Als)* были введены для электрических, магнитных и ЭМП с частотами до 300 ГГц. Были приняты новые физические параметры, новая философия и подходы к оценке экспозиций и риска воздействия ЭМП в различных профессиях. Некоторые из этих параметров не измеряются, расчеты и моделирование являются очень важными в тех случаях, когда измеренные величины близки или превышают значение ALs.

Статья 15 постановления предусматривает возможность использования трех практических руководств в процессе оценки рисков работодателями[10,11,12], специалистами, осуществляющими измерение, контроль или оценку, работниками, профсоюзами и т.д.

В отношении жилых помещений по-прежнему действует Постановление № 9 1991 года. К сожалению, оно несовершенно в отношении пределов воздействия из-за следующих факторов:

- его требования распространяются только на источники ЭМП средств связи, расположенных в жилых районах,
- частотный диапазон ограничен и источники излучения с частотой вне этого диапазона не могут контролироваться
- не установлены допустимые уровни магнитных полей
- частотная зависимость является ступенчатой, что затрудняет гигиеническую оценку.

Тем не менее, это постановление соответствует многим передовым практикам и требованиям ЕС. Например, там очень хорошо описан порядок законных размещения и эксплуатации источников ЭМП в жилых районах. Это должно быть сделано в два этапа:

1. Расчет "зоны безопасности" вокруг источника на основании документации (технические характеристики излучателей, план, карта или обстановка, высота установки антенны и т.д.), предоставленной владельцем объекта.
2. Измерение и оценка уровней ЭМП вокруг источника для проверки расчетов “зоны безопасности".

Этот подход очень похож для большинства стран ЕС, а также для других стран, и он рекомендован международной организацией в качестве хорошей практики в этой области.

Кроме того, ограничение воздействия микроволн 10 мкВт/см^2 уже является фактом для многих стран ЕС, таких как Бельгия, Италия, Швейцария, тем не менее они применяют рекомендации Совета 1999/519 / ЕС, которые рекомендуют до 100 раз более высокие пределы:

- Для 900 МГц - в 45 раз
- Для 1800 МГц - 90 раз
- Для 2100 МГц - в 100 раз.

NCPHA разработала и управляет информационной веб-базой данных об источниках ЭМП-излучения в жилых районах. Специалисты из ЕСВ занимаются сбором данных и анализом информации. В сборе данных участвуют региональные Инспекции

здравоохранения. Большая проблема заключается в том, что не существует юридических требований для сбора информации из частных лабораторий, выполняющих измерения.

Это очень важно, что реализация Директивы ЕС 2013/35 / ЕС по ограничению облучения работников и применение практических руководств, предложенных в рамках директивы, рекомендаций Совета ЕС 1999/519 / ЕС по облучению населения является реальностью. Рекомендации должны быть использованы для рабочих мест, к которым имеет доступ население в целом, и для работников, находящихся в особой группе риска - беременных женщин, работников с имплантатами. Фактически, это дает возможность применять CR 1999/519 / ЕС для всех случаев воздействия на население в качестве минимальных требований, установленных ЕС. Фактические 10 мкВт/см^2 могут быть использованы для жилых помещений в качестве более жестких ограничений, которые возможны на практике в большинстве стран ЕС.

В 2010 году Болгария изменила директиву 2006/25 / ЕС по оптическому излучению на Постановление 5, (Государственный вестник 49). Продолжается подготовка специалистов служб медицины труда и лабораторий, осуществляющих измерения и оценку воздействия. В настоящее время практическое руководство в соответствии со статьей 13 Директивы ЕС находится в процессе утверждения.

Нерешенные проблемы

Существуют трудности с применением нового законодательства ЕС. Некоторые из проблем заключаются в следующем:

1. Нам нужна новая глава в законе О здравоохранении «неионизирующее излучение» со всеми требованиями по защите людей от воздействия ЭМП, реализующая требования «Модели законодательства…» ВОЗ.
2. Существует потребность в новом постановлении, содержащем пределы воздействия (ПДУ), контрольные уровни, зоны безопасности, требования к внедрению новых источников излучения, требования к измерению уровней ЭМП в жилых районах, требования к контролю источников ЭМП-излучения, сбор данных об источниках и экспозициях.
3. Обучение и практические занятия в области измерения уровней ЭМП для повышения компетентности контролирующих органов является одним из основных требований для обеспечения адекватного контроля.
4. Необходимо разработать единые требования к сбору информации и к электронным базам данных по электромагнитным экспозициям, в том числе и для частных лабораторий.
5. Необходимо предоставить новое оборудование для проведения измерений уровней ЭМП при использовании технологии 5G (для мм волн) и разработать методы оценки экспозиции для таких источников в жилых районах.
6. Существует потребность в регулировании воздействия на население оптического/лазерного излучения, включая солярии.

В заключение следует отметить, что наилучшим способом гармонизации предельных экспозиций во всем мире является внедрение каждой страной одного из международных стандартов (European, IEEE, ICNIRP) в качестве минимальных требований к защите населения от воздействия ЭМП, а также разработка собственной национальной политики. Она может включать в себя более строгие пределы воздействия, определение различных зон воздействия (по уровням ЭМП, по расстоянию, по продолжительности воздействия и др.), методики измерений, повышение квалификации и проверки знаний и навыков специалистов органов контроля, требования к базам данных, информирование населения о мерах предосторожности.

Правильным направлением в решении этой проблемы, является заключение на национальном уровне контракта между правительством и промышленностью о том, как обеспечить электромагнитную безопасность, как размещать и эксплуатировать источники ЭМ-излучения, как собирать данные, снижать облучение, как сотрудничать в области защиты.

Одно из международных предложений (ВОЗ, МОТ, ЕС и другие) состоит в том, чтобы правительства увеличили финансирование исследований в области защиты от неионизирующих излучений на национальном уровне.

Список литературы

1. Project 6.1.3. Development of standards for EMF radiation in the working environment, B. Dobrev and team, M. Israel and team, International COMECOM study, 1977-1980, 1981-1986, 1986-1991.
2. Israel M., M. Ivanova, V. Zaryabova - *Criticism in the philosophy for development of standards for non-ionizing radiation, Springer, The Environmentalist,* DOI: 10.1007/ s10669-010-9300-y. 04/2012; 31(2):121-129.
1. ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields, Health Physics 96(4):504-514; 2009.
2. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz), Health Physics 99(6):818-836; 2010.
3. C 95.6-2002. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz
4. C 95.1-2005. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz – 300 GHz
5. TLVs and BEIs – Threshold limit values for chemical substances and physical agents&biological exposure indices, ACGIH, 1999.
6. Israel M. – *"Phylosophy of Standards in Eastern Europe and Ideas for Standards Harmonization"*, *Proceedings, Eastern European Regional EMF Meeting and Workshop "Measurements and Criteria for Standard Harmonization in the Field of EMF Exposure"*, and WHO EMF Standards Harmonization Meeting, Varna, Bulgaria, Editors: M. Israel and M. Repacholi, Sofia, 2002, pp.67-73.
7. Ordinance RD-07-5 for the minimal requirements for providing health and safety at work at risks by exposure to electromagnetic fields, 29 November 2016, State gazette No. 95.
8. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Volume 1: Practical guide.
9. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Volume 2: Case studies.
10. Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU, Electromagnetic fields, Guide for SMEs (small and medium enterprises).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ПРИНЦИПА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Зубарев Ю.Б. чл-корр. РАН, д.т.н., профессор [1, 2, 3]; Григорьев Ю.Г., д.м.н., профессор [1, 4]; Алексеева В.А.[4], Розе Т.Г.[5], Григорьев О.А.. д.б.н. [1, 4, 5]

1- Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений

2 - ЗАО МНИТИ, 3 -Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН

4 - Научный совет РАН по радиобиологии

5 - Общественный совет при Уполномоченном при Президенте Российской Федерации по правам детей

Рост числа пользователей мобильными телефонами повышает вероятность проявления влияния электромагнитного поля на здоровье человека в масштабах населения страны. Обоснованы практические решения для снижения персонального риска здоровью при использовании мобильных телефонов и смартфонов. Пользователю необходимо знать элементарные гигиенические принципы и порядок пользования мобильным телефоном. Предложены практические рекомендации, которые необходимо доводить до каждого пользователя, что позволит делать осознанный выбор режима использования мобильного телефона.

Ключевые слова: электромагнитное поле, здоровье, риск, профилактика, сотовая связь, мобильный телефон, рекомендации

THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE AND PRACTICAL SOLUTIONS FOR OF MOBILE PHONES USERS PROTECTION

Zubarev Yuri [1,2]; Grigoriev Yuri [1,3]; Alekseeva Victoria[1]; Rose Tatyana [4];, Grigoriev Oleg [1, 3,4,

1- Russian National Committee for Nonionizing Radiations Protection

2 - Nanotechnology and Information Technologies Department of the Russian Academy of Sciences

3 - Scientific Council on Radiobiology of the Russian Academy of Sciences

4 - Public Council under the Commissioner for Children’s Rights under the President of the Russian Federation

An increase in the number of mobile phone users increases the likelihood of the effect of the electromagnetic field on human health across the country's population. Practical solutions to reduce personal health risks when using mobile phones and smartphones are justified. The user needs to know basic hygiene principles and how to use a mobile phone. Practical recommendations are offered that need to be communicated to each user, which will allow making an informed choice of the mode of using a mobile phone.

Keywords: electromagnetic field, health, risk, prevention, mobile communications, mobile phone, recommendations

В Евразийском экономическом союзе допустимые уровни электромагнитного поля мобильных телефонов для населения основаны на данных о биоэффектах электромагнетизма, полученных в последней трети XX века. Эти предельно-допустимые уровни показали свою надежность в условиях тотального облучения человека электромагнитным полем дальней зоны, однако слабо обоснованы для условий облучения головного мозга электромагнитным

полем ближней зоны антенны [1, 2]. По мнению авторов доклада, среди которых научные руководители разработки базовых предельно-допустимых уровней электромагнитного поля радиочастот (1984), современные научные данные не позволяют гарантировать отсутствие отдаленных последствий облучения, особенно это касается детей и подростков, голова которых поглощает большее количество электромагнитной энергии, чем у взрослого человека, и их организм более чувствителен к такого рода воздействию.

Международное агентство по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения (МАИР) в 2011 г. классифицировала электромагнитное поле радиочастотного диапазона мобильных телефонов как канцероген класса 2В. Основанием для такого решения стали, прежде всего, данные эпидемиологии о росте злокачественных опухолей у пользователей сотовых телефонов [3]. В I квартале 2019 г. МАИР отнесло этот фактор к категории наивысших приоритетов для повторного рассмотрения в текущем плановом периоде (2020 — 2024 гг.) ввиду значительного количества научных публикаций, устанавливающих связь ЭМП и злокачественных опухолей, а также в связи с обоснованием работоспособной гипотезы о механизме возникновения злокачественных опухолей при облучении ЭМП мобильных телефонов [4]. Следует заметить, что прирост заболеваемости взрослого населения России злокачественными новообразованиями головного мозга ЦНС за 2007 — 2017 гг. составляет 37,88 %, а в августе 2019 года Росстат отметил резкий рост онкозаболеваемости в Российской Федерации за последние 10 лет, особенно у подростков [5,6].

В конце 2017 г. в Содружестве независимых государств (СНГ) насчитывалось четверть миллиарда мобильных абонентов, поэтому недооцененный риск роста заболеваемости может привести к значительным последствиям для здравоохранения.

Каждый пользователь мобильного телефона должен знать, что в основе всех мобильных телефонов лежит принцип использования электромагнитного поля (ЭМП). Санитарные правила и нормы должны ограничивать избыточное облучение населения, в том числе они содержат пункт, рекомендующий использование мобильных телефонов по времени и не рекомендующий пользоваться телефонами некоторым категориям населения: детям до 18 лет и беременным женщинам (п. 6.9) [7,8]. Однако подавляющая часть пользователей не представляет, как именно электромагнитное поле излучается антенной телефона, как оно распределяется и поглощается в тканях головного мозга пользователя. Особенно трудно ожидать такого понимания от детей и подростков, которые составляют не менее трети активных пользователей мобильными телефонами систем связи.

Страны Европы разрабатывают практические меры по снижению индивидуального риска. Во втором полугодии 2019 года наиболее заметны решения правительства Франции и федеральной канцелярии Швейцарии по национальному референдуму об изменениях в законодательство «За заботу о здоровье и энергоэффективную мобильную связь».

Текст законодательных изменений в Швейцарии направлен на усиление защиты здоровья населения от электромагнитных загрязнений, вызванных развитием беспроводных мобильных систем. Этот документ предлагает ввести четкое разделение между внутренним и наружным использованием мобильной телефонии. Это означает, что мощность передатчиков должна быть снижена с целью ослабления её влияния на жилые дома. В домах передача сигналов должна осуществляться только с применением оптоволоконных или кабельных систем без применения электромагнитных полей. Отдельным пунктом на общественном транспорте вводятся зоны, в которых запрещено использование электромагнитных излучающих устройств, т.е. мобильных телефонов. Если телекоммуникационные компании планируют разработку и создание новых устройств, излучающих электромагнитную энергию или увеличение мощности существующих, они должны получить письменное согласие

каждого жителя данного района в радиусе 400 метров от объекта. Помещения общественных зданий, таких как детские сады, школы, высшие учебные заведения, здания муниципальных органов власти, больницы, учреждения престарелых, учреждения для инвалидов и медико-социальные учреждения, должны быть расположены таким образом, чтобы они не подвергались электромагнитным излучениям [9].

Правительство Франции должно оградить население от воздействия электромагнитного излучения некоторых мобильных телефонов. Национальное агентство по санитарной безопасности в опубликованном сообщении от 21 октября 2019 г. обращает внимание о последствиях для здоровья человека, связанных с электромагнитным излучением мобильных телефонов [10]. В сообщении указывается на серьезную и непосредственную опасность для человека, а также приводятся результаты научных исследований, которые не позволяют исключить возникновение биологических эффектов у людей в пределах определенных пороговых значений. Министры экологии, солидарности и здравоохранения, а также экономики и финансов официально заявили, что Франция будет просить Европейскую комиссию усилить требования к производителям новых мобильных телефонов, поступающих на рынок. Правительство потребует провести более строгую сертификацию телефонов по их воздействию на организм человека. Правительство Франции собирается встретиться с ведущими производителями мобильных телефонов с целью добровольного обновления программного обеспечения их моделей, выпускаемых на рынок. Эти телефоны будут выпущены по новым стандартам, имеющим меньшие уровни излучения, мощности. Правительство Франции напоминает пользователям рекомендации при пользовании мобильными телефонами - при общении отдавать предпочтение текстовому набору; использовать телефон в хороших зонах приема сигнала, избегать пользования телефоном в общественном транспорте, выбирать мобильные телефоны с минимальным уровнем излучения [11].

Практическим решением сократить интенсивность воздействующего электромагнитного поля является использование гарнитуры (наушников и микрофона), позволяющее убрать источник излучения от головы пользователя. Как известно, облучение мозга снижается обратно пропорционально квадрату расстояния от головы до телефона. Допустимо использование как проводной, так и беспроводной гарнитур, а также громкоговорящей связи.

Пользователи должны получать гарантированный минимум предупредительной информации, включающей сведения об источнике электромагнитного поля, рекомендации по продолжительности использования и методам контроля энергетической нагрузки, сведения об оптимальном расположении абонентского терминала при разговоре и при хранении. В том числе необходимо дать следующие рекомендации пользователям беспроводной связи:

женщинам в период беременности, детям и подросткам до 18 лет ограничить использование устройств подвижной связи, создающих электромагнитное поле (в соответсвии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, пункт 6.9);

при использовании мобильного телефона для общении отдавать предпочтение текстовому набору;

использовать мобильный телефон для разговора (передача голосовых данных) в зонах качественного приема сигнала;

избегать пользования мобильным телефоном для разговора в общественном транспорте;

выбирать мобильные телефоны с минимальным уровнем излучения;

ограничить время разговоров по мобильному телефону без использования гарнитуры (наушников).

Источники электромагнитного поля и помещения, предназначенные для продолжительного пребывания детей, подростков и беременных должны иметь предупредительную или ограничительную маркировку, вариант которой разработан авторами и предлагается для использования. Под «источниками электромагнитного поля» понимаются устройства, непосредственного контакта с которыми избежать в современных условиях невозможно: сотовые телефоны, смартфоны, планшеты, ноутбуки и рабочие места пользователя персонального компьютера, оснащенные системами беспроводной передачи данных. Помещения подразумевают места размещения и использования роутеров и станций Wi-Fi и других стандартов беспроводной передачи данных в том числе микро- , нано- и пико-сот, а также помещения в зданиях промышленного и гражданского назначения, примыкающих к оборудованию радиопередающих средств.

Варианты предупредительной маркировки на основе ГОСТ 12.4.026-2015 "Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная..." и стандартов ISO приведены в Таблице 1.

Использование настоящих рекомендаций поможет снизить потенциальные риски здоровью, избегать ситуационного стресса и уменьшить психофизиологическую нагрузку населения.

Таблица 1. Знаки предупредительной/ограничительной маркировки электромагнитной безопасности для детей до 16 лет и беременных

Знак	Обозначение	Область применения
	Электромагнитное поле. Вредно для беременных	Предупредительный знак. Предназначен для размещения на источниках электромагнитного поля, находящихся в непосредственном контакте с беременными
	Электромагнитное поле. Вредно для детей до 16 лет	Предупредительный знак. Предназначен для размещения на источниках электромагнитного поля, находящихся в непосредственном контакте с детьми до 16 лет
	Электромагнитное излучение. Вредно для детей до 16 лет	Предупредительный знак. Предназначен для размещения в помещениях и на источниках электромагнитного поля, с контакт с которыми детей невозможно предотвратить в силу каких-либо причин

Знак	Обозначение	Область применения
	Электромагнитное излучение. Запрещено для детей до 16 лет	Запретительный знак. Предназначен для размещения в помещениях и на источниках электромагнитного поля, не предназначенных для использования детьми
	Электромагнитное излучение. Запрещено для беременных и детей до 16 лет.	Запретительный знак. Предназначен для размещения в помещениях и на источниках электромагнитного поля, не предназначенных для использования беременными и детьми до 16 лет
	Электромагнитное излучение. Запрещено для беременных.	Запретительный знак. Предназначен для размещения в помещениях и на источниках электромагнитного поля, не предназначенных для беременными

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье // М., изд. «Экономика», издание второе, дополненное, 2016 г., 560 с.

2. Ю.Г. Григорьев. Мобильная связь и электромагнитный хаос в оценке опасности для здоровья населения. Кто несет ответственность? РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ. РАДИОЭКОЛОГИЯ, 2018, том 58, No 6, с. 633–645

3. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part II: Radiofrequency electromagnetic elds / IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Published by the International Agency for Research on Cancer, 2011: Lyon, France.

4. Advisory Group recommendations on priorities for the IARC Monographs.The Lancet Oncology. April 2019. http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30246-3

5. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность) М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. илл. 250 с. ISBN 978-5-85502-243-8

6. Информационное агентство РБК. Росстат зафиксировал рекордное число больных раком детей в России. 08 августа 2019. https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5d4c6c0c9a7947bd06eb4b4f

7. 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.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 2003. – 27 с.

8. “О санитарно-эпидемиологическом надзоре за объектами - источниками неионизирующих излучений”. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 27 июня 2008 г. N 01/6838-8-32

9. Confédération suisse. Initiative populaire fédérale «Pour une téléphonie mobile respectueuse de la santé et économe en énergie» https://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2019/6525.pdf

10. Effets sanitaires éventuels liés aux valeurs élevées de débit d’absorption spécifique de téléphones mobiles portés près du corps. Anses Rapport d’expertise collective. Téléphones mobiles portés près du corps et santé. Édition scientifique. Juillet 2019 - p. 128

11. Le Gouvernement agit pour limiter l’exposition aux émissions de certains téléphones mobiles et mieux informer le public. COMMUNIQUÉ DE PRESSE Paris, le 25 octobre https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/191025-_cp_anses.pdf

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЭМП МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ ДЛЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ИТОГИ ЕДИНСТВЕННОГО В МИРЕ 14 – ЛЕТНЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Н.И. Хорсева[1,2], Ю.Г. Григорьев[3,4], П.Е. Григорьев[5,6]

[1]ФБУН Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН, Москва, Россия
[2]ФБУН Институт космических исследований РАН, Москва, Россия sheridan1957@mail.ru
[3]Российский Комитет по защите от неионизирующего излучения (РНКЗНИ)
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия profgrig@gmail.com
[4]Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия.
[5]Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия grigorievpe@cfuv.ru

Представлены итоги единственного в мире 14-летнего исследования воздействия электромагнитного излучения мобильных телефонов (МТ) на психофизиологические показатели детей и подростков. Установлены негативные, статистически значимые ухудшения показателей сенсомоторных реакций, утомления, работоспособности, когнитивных функций. Показано, что профилактические меры, направленные на безопасные режимы пользования мобильных телефонов (наушники, громкая связь, использование SMS, MMS) статистически значимо улучшают ВСЕ психофизиологические показатели.
ключевые слова: электромагнитное излучение, мобильные телефоны, дети, подростки, психофизиологические показатели

HAZARD ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MOBILE PHONES FOR CHILDREN AND TEENAGERS. THE RESULTS OF THE WORLD'S ONLY LASTED 14–YEARS PHYSIOLOGICAL STUDIES

N.I. Khorseva[1,2], Yu.G. Grigoriev[3,4], P.E.Grigoriev [4,5]

[1] FSBI of Russian Academy of Sciences Institute of biochemical physics named after N. M. Emanuel, Moscow.
[2] FSBI of science Space Research Institute of Russian Academy of Sciences", Moscow, Russia sheridan1957@mail.ru
[3] Russian Committee on Non-Ionizing Radiation Protection (RCNIRP)
FMBC them. A.I. Burnazyan Moscow, Russia profgrig@gmail.com
[4] V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia,
[5] Tyumen State University, Tyumen, Russia,
grigorievpe@cfuv.ru

The results of the world's only lasted 14-years study of the impact of electromagnetic radiation from mobile phones on psychophysiological parameters of children and teenagers are presented. Negative, statistically significant deterioration of parameters of sensorimotor reactions, fatigue, working capacity, cognitive functions are established. It is shown that preventive measures aimed at safe modes of use of mobile phones (headphones, speakerphone, SMS, MMS) significantly improve all studied psychophysiological parameters.
keywords: electromagnetic radiation, mobile phones, children, teenagers, psychophysiological parameters.

Известно, что все современные гаджеты - источники электромагнитных излучений (ЭМИ) разной интенсивности и работают на разных частотных диапазонах. Но особое место в этом ряду занимают сотовые (мобильные) (МТ) телефоны, ЭМИ которых в 2011 году Международным агентством по исследованию рака (IARC) отнесено к категории 2В – потенциально опасных и приводящих к развитию рака головного мозга [1]. Известно, что МТ является открытым и неконтролируемым источником ЭМИ радиочастотного диапазона. Впервые за всю историю цивилизации наши дети подносят этот источник ЭМИ непосредственно к голове, и подвергают облучению свой головной мозг [2,3], несмотря на то, что согласно пункту 6.9 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, МТ не рекомендуется использовать детям до 18 лет. Именно поэтому наше подрастающее поколение попадают в зону особого риска (о чем неоднократно отмечалось в решениях Российского Комитета по защите от неионизирующего излучения (РНКЗНИ) [2]), поскольку ***растущий организм*** на всех этапах своего развития ***наиболее уязвим к воздействию различных внешних факторов*** (WHO, Backgronder, N3, 2003).

Зарубежные исследования в первую очередь опираются на эпидемиологические данные и результаты кратковременного воздействия ЭМИ МТ. Наши исследования построены на лонгитюдных наблюдениях с использованием психофизиологических параметров.

Материалы и методы

В 2006 году на базе Лицея 10, был организован и начал проводиться мониторинг психофизиологических показателей детей-пользователей мобильной связью, который с 2014 года продолжается в расширенном объеме на базе Лицея 17 в городе Химки Московской области. И на данный момент мы располагаем результатами собственного опыта *лонгитюдного* ***(более 14 лет)*** наблюдения. Важно отметить, что помимо основной группы дети - пользователи мобильных телефонов (МТ) - 1 161 человек, была сформирована контрольная группа детей и подростков, не использующих МТ (370 человек). *Именно факт наличия контрольной группы является неоспоримым преимуществом наших исследований.* Основные блоки данного исследования подробно описаны в нашей книге [2]. Статистический анализ данных был выполнен в Центре БИОСТАТИСТИКА (E-mail: leo.biostat@gmail.com) под руководством доцента, к.т.н., Леонова В.П. и д.б.н. Григорьевым П.Е. зав. каф. медицинской физики и информатики Физико-технического института Крымского Федерального университета им. В.И. Вернадского

Результаты

Результаты комплексной диагностики указывают на мультивариантность возможного воздействия излучения мобильных телефонов на нервную систему детей и подростков:

- зарегистрировано увеличение времени простой слухо-моторной реакции (ПСМР) у детей-пользователей мобильными телефонами (МТ) по сравнению с контрольной группой и установлены закономерности их латеральных проявлений (регистрация испи- или контралатеральных эффектов может зависеть и от режима пользования МТ);

- впервые описаны эффекты увеличения числа нарушений фонематического восприятия и количества пропущенных сигналов [2], изменения параметров воспроизведения заданного ритма и индивидуальной минуты [4].

- зарегистрировано увеличение времени простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) у детей-пользователей мобильными телефонами (МТ) по сравнению с контрольной группой; установлены однонаправленные изменения показателей простых ПСМР и РЗМР при увеличении длительности пользования МТ. Мы полагаем, что этот факт может быть доказательством системной неблагоприятной реакции органов чувств на электромагнитное излучение мобильного телефона [2].

- в 39,7% случаев было зарегистрировано увеличение показателя утомляемости, причем в 30,3% случаев это увеличение было значительным. Показатели работоспособности снижались в 50,7% случаев. Для детей и подростков 7-11 летнего возраста (1364 измерения) только у 8,5% уровень сформированности мелкой моторики руки находятся в пределах возрастной нормы, что отражается на выполнении письменных работ, подчерке детей и подростков и может быть связано с использованием сенсорных экранов в современных гаджетах.

- выявлен дисбаланс в уровне сформированности произвольного внимания (ПВ) и смысловой памяти (СП): высокий уровень развития ПВ выявлен у 41,03% детей и подростков против 33,6% для СП, а дисгармоничный - для 21% (ПВ) и 36,25% (СП). Данный факт может свидетельствовать о том, что параметры СП для детей - пользователей мобильной связи снизились в бóльшей степени, чем для параметров ПВ [5].

Последние пять лет на базе Лицея 17 проводится комплекс профилактических мер, направленный на снижение негативного воздействия МТ [6]. И эти мероприятия, в которые вовлечены все участники образовательного процесса, уже дали свои результаты: установлено, что безопасный режим пользования (наушники, громкая связь, использование SMS, MMS) статистически значимо улучшают ВСЕ психофизиологические показатели.

Заключение.

Проводимые нами 14 лет лонгитюдные исследования изменений психофизиологических показателей детей - пользователей мобильной связью, убедительно показывают, что хроническое воздействие ЭМИ МТ может негативно воздействовать на центральную нервную систему ребенка. Мы полагаем, что полученные результаты показывают, что дети уже находятся в группе риска.

Учитывая особую уязвимость детей к физическим факторам внешней среды и глубину проникновения ЭМИ МТ в мозг ребенка, мы полагаем, что с радиобиологической точки зрения уже назрела необходимость в разработке специального СанПиНа для всех имеющихся современных низкоинтенсивных источников электромагнитного излучения, включая Wi - Fi.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г. Возможность развития опухолей мозга у пользователей сотовыми телефонами (научная информация к решению Международного Агентства по исследованию (IARC) от 31 мая 2011 г.)// Радиационная биология. Радиоэкология. - 2011. - Т. 51. - № 5. - С. 633–638
2. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применения мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям. М.: Экономика, -2014, -230 с
3. Grigoriev Yu.G. Chapter 9. in book Mobile Communications and Public Health Edited by Marko Markov 2019 by Taylor & Francis Group, LLC p 223-236
4. Хорсева, Н.И., Аль-Курди О.Р., Шульженко Н.Ю. Сенсомоторные реакции и длительность индивидуальной минуты у детей-пользователей мобильной связью/ Таврический журнал психиатрии. 2017 - Т.21 - № 1 (78) - С. 51-66
5. Grigoriev Yu.G., Khorseva N.I. Chapter 10. in book Mobile Communications and Public Health Edited by Marko Markov. 2019 by Taylor & Francis Group, LLC p 237-253
6. Марахова В.А., Хорсева Н.И. Профилактическая деятельность по здоровьесбережению детей-пользователей мобильными устройствами в общеобразовательных учреждениях. // Материалы Всерос. научно-практической конф. «Актуальные проблемы социально-педагогической деятельности в контексте социальной безопасности в современном российском обществе» Москва. Коломна: Госуд. социально-гуманитарный университет – 2017. - С 176-183

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОТДЕЛЕНИЯХ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В РФ И ЗА РУБЕЖОМ

Л.В. Походзей, Е.А. Руднева, Ю.П. Пальцев, Н.Н. Курьеров
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, Россия,
lapokhodzey@yandex.ru

Резюме. Расширение сфер использования магнитно-резонансной томографии, увеличивает число медицинского и технического персонала, подвергающегося риску воздействия ЭМП на рабочем месте. Действующие отечественные и зарубежные гигиенические нормативные документы, определяющие контролируемые показатели, допустимые уровни воздействия, методы контроля нуждаются в корректировках, требующих проведение дополнительных исследований.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, электромагнитные поля, профессиональный риск, гигиенические регламенты

PRESENT STATE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS HYGIENIC EVALUATION IN THE MAGNETIC RESONANCE IMAGING DEPARTMENTS IN THE RUSSIAN FEDERATION AND ABROAD

L.V. Pokhodzey, E.A. Rudneva, Y.P. Paltsev, N.N. Kurerov
FSBSI “Izmerov Research Institute of Occupational Health“,
Moscow, Russia, lapokhodzey@yandex.ru

Abstract: The increasing use of MRI equipment increases the number of medical and technical personnel at risk of exposure to EMF on workplace. Existing domestic and foreign hygienic regulatory documents defining controlled indicators, permissible exposure levels, control methods need adjustments that require additional research.

Keywords: magnetic resonance imaging, electromagnetic fields, occupational risk, hygienic regulations

Введение. Интенсивное развитие технологии и совершенствование компьютерной техники привели к появлению и внедрению в медицинскую практику целого ряда принципиально новых неинвазивных методов исследования. К их числу относится магнитно-резонансная томография (МРТ-графия), в основе которой лежит явление ядерно-магнитного резонанса. В настоящее время во всем мире используется более 35 тысяч магнитно-резонансных томографов (МРТ) и ежегодно проводится около 60 миллионов сканирований. В условиях модернизации здравоохранения в РФ МРТ активно устанавливаются в больницах и поликлиниках государственного подчинения, коммерческих клиниках и центрах, научно-исследовательских институтах медицинского профиля. Все это приводит к быстрому увеличению числа медицинского и технического персонала, подвергающегося новым рискам для здоровья.

Цель работы. Сравнительный анализ современного состояния отечественного и зарубежного гигиенического нормирования и оценки электромагнитных факторов,

создаваемых МРТ на рабочих местах персонала, для определения направлений дальнейших научных исследований в плане снижения профессиональных рисков.

Результаты. К настоящему времени в нашей стране проведены лишь единичные исследования, посвященные изучению условий труда персонала отделений МРТ и их влияния на здоровье [1, 2]. В них показано, что врачи, средний медицинский и технический персонал в разной степени подвергаются воздействию комплекса факторов рабочей среды и трудового процесса, в первую очередь постоянного магнитного поля (ПМП) и шума, создаваемого самим томографом при сканировании и устройствами климат-контроля, а также повышенной тяжести и напряженности труда. Выявлено развитие астенического синдрома и изменение показателей гемодинамики.

За рубежом этой проблеме посвящено значительно большее количество работ, в которых подчеркивается сложность электромагнитной обстановки в отделениях МРТ, необходимость ее углубленного комплексного исследования, разработки адекватных методов контроля и оценки, изучения риска здоровью [2]. В исследованиях состояния здоровья работников и пациентов, подвергающихся воздействию факторов, связанных непосредственно с технологией МРТ, отмечается влияние перемещения сотрудников в неоднородном магнитном поле рассеяния (dB/dx), а также изменения магнитного поля во времени (dB/dt) на появление физиологических эффектов, вызываемых возникновением электрических токов в тканях тела человека [3]. Выделены основные наиболее специфические субъективные симптомы, вызываемые воздействием ЭМП у операторов МРТ, такие как головокружение, тошнота, шум в голове, магнитофосфены и металлический вкус во рту [4].

В РФ гигиеническая оценка ПМП на рабочих местах в отделениях МРТ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». ПДУ ПМП установлены для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия с учетом его продолжительности за смену. При времени пребывания от 1 до 8 часов ПДУ магнитной индукции для общего воздействия на все тело составляет *10 мТл.* В условиях локального воздействия при времени контакта до 10 минут ПДУ магнитной индукции составляет *50 мТл.*

За рубежом также действует ряд документов, регламентирующих воздействие ЭМП на рабочих местах, в том числе в отделениях МРТ. Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) в Руководстве 2009 года «Руководящие принципы по предотвращению воздействия постоянных магнитных полей» установила ПДУ ПМП для профессионального общего и локального воздействия, 2 Тл и 8 Тл, соответственно, для населения – 400 мТл.

Директива № 2013/35/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза устанавливает величины предельно допустимых воздействий (ELVs) плотности магнитного потока во внешнем магнитном поле от 0 до 1 Гц (2 Тл - для нормальных рабочих условий, 8 Тл – для локального воздействия), а также для ряда показателей, не имеющих аналогов в гигиеническом нормировании РФ, а именно электрических полей, индуцированных в организме человека в результате воздействия изменяющихся во времени электрических и магнитных полей, величин их рабочих уровней (ALs).

В стандарте ICNIRP «Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients» (2004) также определены ПДУ воздействия ПМП на пациентов и сотрудников: для нормальных рабочих условий – 4 Тл, для контролируемых рабочих условий – 8 Тл.

Для предотвращения непреднамеренного вредного воздействия на людей с имплантированными электронными медицинские устройствами и имплантатами, содержащими ферромагнитные материалы, величина индукции ПМП не должна превышать

0,5 мТл (IEC, 2002).

Обсуждение. Проведенный анализ нормативно-методической документации показал, что установленные в РФ гигиенические нормативы ПМП на два порядка более жесткие, чем за рубежом, поскольку в их основу положены результаты изучения хронического действия фактора (установление порога вредного действия) с учетом отдаленных последствий. Однако, в отличие от международной практики, ряд электромагнитных факторов, создаваемых при эксплуатации МРТ на рабочем месте персонала, до настоящего времени в РФ не контролировались и не регламентировались (пространственные и временные градиенты, низкочастотные магнитные поля от градиентных катушек, высокочастотные магнитные поля от РЧ-катушек). В настоящее время необходимость учета всего этого комплекса с детальным анализом физических характеристик ЭМП для адекватной оценки их профессионального воздействия не вызывает сомнений [6], а проблема гармонизации в области гигиенического нормирования и оценки ЭМП стоит очень остро.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. Современные отечественные и зарубежные средства измерения позволяют провести подобные комплексные исследования с углубленным анализом интенсивностно-временных и частотных параметров ЭМП, а обоснованные нами ПДУ ЭМП в диапазоне частот 3 Гц - 30 кГц на рабочих местах (проект находится на утверждении в Роспотребнадзоре) – выполнить их гигиеническую оценку. Проведенные нами пилотные исследования низкочастотных магнитных полей от градиентных катушек, воздействию которых может подвергаться персонал, находясь во время обследования пациента в непосредственной близости от томографа, позволили выявить их широкополосность (КНЧ, СНЧ, ИНЧ, ОНЧ) и сложную (импульсную) форму сигналов. Для их гигиенической оценки адекватными контролируемыми параметрами могут являться, по-видимому, пиковые и среднеквадратичные (корректированные) величины магнитной индукции, как интегральные за определенные периоды времени, так и измеренные с различными постоянными времени [7].

Заключение. В настоящее время в Российской Федерации существует настоятельная необходимость проведения углубленных гигиенических исследований всего комплекса электромагнитных факторов ЭМП в отделениях МРТ для определения адекватных нормируемых параметров, которые будут использованы для разработки новых методик их инструментального контроля и гигиенической оценки, обоснования практически реализуемых профилактических мероприятий, направленных на снижение профессионального риска здоровью работников.

Список литературы

1. Мокоян Б.О. Гигиенические особенности труда медицинского персонала, работающего с магнитно-резонансными томографами. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 3: 34-36.

2. Егорова А.М., Мокоян Б.О., Луценко Л.А. Некоторые аспекты выявления факторов риска здоровью медицинского персонала при работе с магнитно-резонансными томографами. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 2: 34-37.

3. SCENIHR (2015) Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). https://doi.org/10.2772/75635.

4. G Zanotti, A Modenese, G Bravo, G Arcangeli et c. Subjective symptoms in magnetic resonance imaging operators: preliminary results of an italian study. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*. 2018; 75 (2): 422-423.

5. Stuart Crozier, Hua Wang, Adnan Trakic, Feng Liu Exposure of workers to pulsed gradients in MRI. *J. Magn. Reson. Imaging* 2007;26:1236–1254. © 2007 Wiley−Liss, Inc. https://doi.org/10.1002/jmri.21162.

6. Mcrobbie D.W. Occupational exposure in MRI. Br J Radiol. 2012 Apr; 85(1012): 293–312.
7. Походзей Л.В., Руднева Е.А., Пальцев Ю.П. Исследование спектральных характеристик низкочастотных магнитных полей при различных режимах работы МРТ. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; Т.59. 9: 727-728.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В.И. Стурман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича Санкт-Петербург Россия st@izh.com

Резюме. Исследования, выполненные в гг. Санкт-Петербург с пригородами, Москва, Казань, Белгород, Петрозаводск, Калининград, показали, что электрические поля промышленной частоты достигают величины напряженности более 1-2 в/м только на расстояниях до 100-150 м от ВЛ. Во временном аспекте напряженность подвержена существенным колебаниям. Выявлена зависимость напряженности от метеоусловий. Магнитные поля промышленной частоты в городах выявляются повсеместно. Величина магнитной индукции увеличивается от рекреационных зон к плотной исторической застройке.

Ключевые слова: электромагнитная экология, электрические поля, магнитные поля, картографирование, мониторинг.

SPATIAL VARIABILITY AND TEMPORAL DYNAMICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN CASE OF URBAN ENVIRONMENT

V.I. Sturman
The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications
Saint-Petersburg Russia e-mail: st@izh.com

Abstract. Researches in St.-Petersburg with suburbs, Moscow, Kazan, Belgorod, Petrozavodsk, Kaliningrad have shown that electric fields of industrial frequency reach sizes of intensity more than 1-2 v/m only on distances up to 100-150 m from HVTL. In time aspect intensity is subject to essential fluctuations. Dependence of intensity on meteorological conditions is revealed. Magnetic fields of industrial frequency in cities come to light everywhere. The size of a magnetic induction increases from recreational zones to dense historical building.

Keywords: electromagnetic ecology, electric fields, magnetic fields, mapping, monitoring.

Электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты – неизбежное следствие функционирования электротехнических устройств и систем различного назначения, и в то же время, – слабо изученный фактор окружающей среды. В исследовании этого фактора окружающей следы, наряду с охарактеризованными Ю.М. Сподобаевым и В.П. Кубановым [1] биофизическими, медико-биологическими и научно-техническими аспектами должны быть представлены также геоэкологические, связанные с фактическими проявлениями ЭМП и их зависимостью от изменчивых природных и техногенных условий. В особенности это относится к наиболее распространённым в условиях городов ЭМП промышленной частоты. К их исследованию применимы отработанные в науках о Земле методы:

- картографирование (съемка), т.е. создание карт на основе многочисленных однократных измерений, выполняемых по единой методике, с целью выявления особенностей пространственной изменчивости;
- мониторинг, т.е. многократные повторяющиеся наблюдения в одних и тех же точках, также выполняемые по единой методике, с целью изучения временной динамики.

Исследования съемочного характера выполнены в 2017-2019 гг. в гг. Санкт-Петербург с пригородами, Москва, Казань, Белгород, Петрозаводск, Калининград; от 120 до 1000 точек измерений в каждом из них. Исследования мониторингового характера ведутся с 2016 г. в Санкт-Петербурге и пригородах, на 7 профилях, перпендикулярных к высоковольтным линиям (ВЛ) напряжением 110, 220 и 330 кВ, а также в 5 точках среди жилой застройки и у станций метро. Средство измерения – прибор Gigahertz Solutions ME 3830 B M/E Analyser, позволяющий измерять напряженность электрического поля промышленной частоты 50 гц в пределах от 1 до 2000 в/м и интенсивность магнитного поля (магнитную индукцию) от 1 до 2000 нТл. При измерениях вблизи ВЛ этого, как правило, недостаточно, поэтому наряду с показателями напряженности электрического поля и магнитной индукции в точках на стандартных расстояниях от проекции крайнего провода (0 м, 5 м, 10 м, 15 м и т.д.), фиксируется также ширина зон превышения величин 1000 и 2000 в/м, 1000 и 2000 нТл. Поскольку прибор имеет однокоординатный датчик магнитного поля, при каждом измерении путем вращения прибора находится положение, когда ось датчика совпадает с ориентацией полного вектора магнитного поля, о чем свидетельствует достижение максимальной величины магнитной индукции. Измерения проводятся на стандартной высоте 1,8 м от поверхности земли, а при уточнении особенностей распределения аномальных значений магнитной индукции – и на других уровнях, в т.ч. на поверхности. Результаты частично опубликованы [2].

Исследования в перечисленных выше городах показали, что электрические поля промышленной частоты достигают значимой величины напряженности (более 1-2 в/м) только на расстояниях до 100-150 м от ВЛ. В отдельных случаях невысокие (до 19 в/м у поверхности земли) электрические поля отмечаются и в аномалиях магнитного поля, связанных с кабелями подземной прокладки.

Мониторинговые наблюдения, выполненные в 2016-2019 гг. в Санкт-Петербурге и пригородах показали, что напряженность электрических полей подвержена существенным колебаниям, включая как незакономерные изменения (вероятно, отражающие изменения нагрузки ВЛ), так и вполне объяснимые – сезонные (максимумы зимой), и непериодические, обусловленные погодными условиями (рост при повышении влажности). В районах массовой новой застройки отмечена тенденция к росту напряженности. Выявлены корреляционные зависимости между напряженностью и абсолютной влажностью от 0,335 до 0,637 (связь прямая); в 6 случаях из 7 зависимости оцениваются как значимые при уровне а = 0,01. Менее сильна обратная связь с атмосферным давление: r от -0,054 до -0,41; достоверность при уровне а = 0,01 выявляется в 3 случаях из 7. Всё это сложно интерпретировать иначе, чем возрастание напряженности при ослаблении диэлектрических свойств воздуха с увеличением его влажности. Одновременно с ростом напряженности увеличивается ширина зон превышений гигиенического норматива (1 кВ/м для зон жилой застройки согласно СанПиН 2971-84). Наибольшие из измеренных значений ширины зоны превышения ПДУ в 2-3 раза превышают нормативный размер СЗЗ согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 и в 1,5-2 раза – размер охранной зоны ВЛ согласно Постановления Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160.

Магнитные поля, обладая более высокой проникающей способностью [3], не образуют столь резких максимумов под ВЛ, как электрические, но характеризуются менее быстрым снижением по мере удаления от них, а также более высоким и практически повсеместно представленным общегородским фоном от совокупности разнообразных источников. Величина этого фона зависит от использования и застройки территорий и увеличивается от рекреационных зон к плотной исторической застройке. Значения магнитной индукции 1–2 нТл, находящиеся на уровне погрешности измерения, отмечаются только в глубине лесопарковых зон. Превышений значениями магнитной индукции величины ПДУ для селитебных территорий (10 мкТл согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07) в перечисленных выше городах не выявлено. Однако значения, превышающие примерный безопасный уровень 200-400 нТл, согласно зарубежных исследований и оценок [4, 5], встречаются нередко, преимущественно в исторических центрах и в местах, подверженных воздействию кабелей подземной прокладки.

Обзор исследований в 15 странах Европейского союза [5], показал, что преобладающие значения магнитной индукции составляют от 10 до 100 нТл, а продолжительному воздействию потенциально опасных полей более 200 нТл подвержено примерно 0,5% населения. Это достаточно близко к результатам, полученным нами в городах РФ. Повышенные значения магнитной индукции свойственны домам постройки прошлых десятилетий и веков, где электропроводка не соответствует нагрузкам от современной бытовой техники. Вблизи домов постройки последних лет показатели магнитной индукции повсеместно низкие.

Во временном аспекте, магнитные поля промышленной частоты более стабильны, чем электрические. Зависимости от метеорологических условий более слабые и менее однозначные. В жилой зоне «спального» района Санкт-Петербурга слабые обратные зависимости магнитной индукции от абсолютной влажности и температуры отражает отток части населения в летнее время на дачи и уменьшение пользования бытовыми электроприборами и освещением.

Величина магнитной индукции может рассматриваться как индикатор общей техногенной нагрузки на территорию (геоиндикатор), удобный объект измерений и показа на картах посредством изолиний. Его особенность – исключительно высокая динамичность, включая полное отсутствие зависимости от прошлых состояний. Систематическое изучение электромагнитной среды городов, а также введение в данной сфере экологического менеджмента, в перспективе станут возможными на основе организации мониторинга и регулярного картографирования электромагнитных полей в крупных городах. Размеры СЗЗ и охранных зон ВЛ следует дифференцировать в зависимости от климатических условий.

Список литературы

1. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.

2. Стурман В.И. Электромагнитные поля промышленного диапазона частот в условиях городской среды как объект эколого-географического исследования // География и природные ресурсы, 2019, №1. С. 21-28. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(21-28).

3. Тихонов М.Н., Довгуша В.В., Довгуша Л.В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экологическая экспертиза. 2013. № 6. С. 48–65.

4. Muller B. Electrosmog. Hausgemachtes Problem // Bild Wiss. 1996. № 4. Pp. 12 -14., National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118. DOI 10.21945/ RIVM-2017-0118. Pp. 56.

5. Peter Gajšek, Paolo Ravazzani, James Grellier, Theodoros Samaras, József Bakos, György Thuróczy Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz) // International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016, 13, 875. DOI:10.3390/ijerph13090875 www.mdpi.com/journal/ijerph

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО ВБЛИЗИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ПО КРИТЕРИЮ ЭКСПОЗИЦИИ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА)

А.С. Прокофьева, О.А. Григорьев
Центр электромагнитной безопасности, Москва, Россия
nashome04@gmail.com

Резюме: Дана оценка численности населения, живущего вблизи воздушных линий электропередачи в Московском регионе в условиях экспозиции магнитным полем промышленной частоты с интенсивностью от 0,3 мкТл и выше. Это не более 8% от общего числа жителей. Исследование основано на использовании собственных фактических данных об условиях загрязнения магнитным полем и компьютерного моделирования, с применением графического метода эколого-гигиенического картографирования и критериев канцер-классификации МАИР.

Ключевые слова: магнитное поле, загрязнение, экспозиция, население, воздушная линия электропередачи, МАИР, канцероген.

NUMBER OF POPULATION LIVING NEAR THE POWER TRANSMISSION LINES AND EXPOSED BY THE POWER FREQUENCY MAGNETIC FIELD ABOVE 0,3 μT (ON THE EXAMPLE OF THE MOSCOW REGION)

A.S. Prokofyeva, O.A. Grigoriev
Center for Electromagnetic Safety, Moscow, Russia
nashome04@gmail.com

Summary: We determined the data on the population living near power lines in the Moscow region under exposure of power frequency magnetic field with an 0.3 μT or higher. This is not more than 8% of the total population. The study is based on the use of our own actual data on the conditions of magnetic field pollution and computer simulation, using the graphical method of environmental-hygienic mapping and the criteria for cancer classification of IARC.

Key words: magnetic field, pollution, exposure, population, overhead power line, IARC, carcinogen.

В настоящее время наблюдается приближение жилой застройки к источникам магнитного поля промышленной частоты (МП ПЧ), в частности, к воздушным линиям электропередачи (ВЛ). Вопрос окончательной классификации МП ПЧ как канцерогена остается актуальным с момента его классификации в 2007 году (класс 2В). Согласно требованиям IARC (2019), классификация требует точной характеристики условий экспозиции канцер-агентом. В нашей работе мы сделали попытку дать оценку численности населения, проживающего в условиях экспозиции с интенсивностью от 0,3 мкТл и выше, с выделением области 0,3 – 5 мкТл, вблизи ВЛ-220 кВ и ВЛ-500 кВ в Московском регионе.

Для оценки численности населения по фактическим данным была разработана модель загрязнения МП ПЧ вблизи ВЛ. Массив данных, формирующих модель, включал в себя результаты собственных измерений и данные литературы. Максимальные уровни МП ПЧ (наихудшие условия воздействия) рассматривались на примере многолетнего мониторинга ВЛ-500 кВ и ВЛ-220 кВ вблизи посёлка Сабурово Московской области, дополненных

компьютерным моделированием. При проведении оценки численности населения, вблизи ВЛ выделялись территории, на которых достоверно могли фиксироваться значения 5 мкТл, 10 мкТл и 0,3 мкТл. Ориентировочный расчёт численности населения проводился для г. Москвы и районов Московской области с плотностью населения выше 150 чел./кв.км с применением графического метода и эколого-гигиенического картографирования.

Обобщённая численность населения, находящегося в условиях облучения МП ПЧ, создаваемыми ВЛ-220 кВ и ВЛ-500 кВ, с интенсивностью выше 0,3 мкТл, но ниже действующего предельно-допустимого уровня (5 (10) мкТл), составила около 100 тыс.чел. при использовании фактических данных экспозиции и около 350 тыс.чел. при наихудших условиях воздействия.

По нашим оценкам, от 5,3-8,1 % от общего числа жителей рассматриваемых районов находятся в условиях облучения МП ПЧ с интенсивностью выше 0,3 мкТл.

Полученная выборка на рассматриваемых территориях близка к выборке типичных исследований, использованных Международным агентством по исследования рака для анализа канцерогенной опасности магнитного поля промышленной частоты.

Результаты проведенной оценки могут лечь в основу планирования проведения эпидемиологических исследований в России.

ИЗМЕНЕНИЕ БИОРИТМОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ященко С.Г., Шибанов С.Э.
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Российская Федерация, yswet.net@mail.ru

Проведены биоритмологические исследования у студентов – пользователей средств информационно – коммуникационных технологий. Анализ взаимосвязи исследованных параметров определил наличие достоверных (на уровне $p<0,05$) положительных корреляционных связей индивидуальной электромагнитной экспозиции (ЭМЭи) с коэффициентом биологического возраста (0,304) и индексом вегетативного взаимодействия (ИВВ (0,736)). Выявлен пороговый характер взаимосвязи ЭМЭи с ИВВ с достоверностью аппроксимации R_2 =0,702.
Ключевые слова: электромагнитная экспозиция, вариабельность сердечного ритма индекс вегетативного взаимодействия.

CHANGES IN BIORHYTHMOLOGICAL INDICATORS USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Yashchenko S.G., Shibanov S.E.
Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, Russia, yswet.net@mail.ru
Conducted biorhythmological studies of students-users of information and communication technologies. Analysis of the relationship of the studied parameters determined the presence of significant (at the level of $p<0,05$) positive correlations of individual electromagnetic exposure (EMEi) with the coefficient of biological age (0,304) and the index of vegetative interaction (IVI (0,736)). Revealed the threshold nature of the relationship of EMEi with the IVI with the validity of the approximation R_2 =0,702.
Keywords: electromagnetic exposure, heart rate variability index of vegetative

Стремительное изменение технологий в современном мире приводит к тому, что число антропогенных факторов постоянно увеличивается, а их интенсивность возрастает, в связи с чем, существующие научные подходы просто не успевают оценить степень биотропного влияния этих факторов. Рост числа источников электромагнитных полей и излучений (ЭМПиИ), воздействующих на население, вызывает обеспокоенность не только среди научной общественности, но и в правительственных кругах, что нашло отражение в разработке концепции Государственной Программы обеспечения электромагнитной безопасности в РФ. Повсеместное использование информационно – коммуникационных технологий (ИКТ) в системе образования делает его особенным в связи с молодым возрастом пользователей средств ИКТ.

Материал и методы. Проведены эпидемиологические исследования у 1208 студентов – волонтеров обоего пола в возрасте 21±0,94 год Медицинской академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Студенты отвечали на вопросы разработанной анкеты, направленной на выяснение типа средства информационно – коммуникационных технологий (ИКТ), его конфигурации, вида подключения к Internet, среднесуточного времени работы со средствами ИКТ, преимущественного времени суток, выбираемого для работы с ИКТ, а также варианты ухудшения самочувствия, регистрируемые после работы с ИКТ. На основе полученных результатов были определены основные, используемые обучающимися типы, модели средств ИКТ, их конфигурации. В экспериментальных условиях экранированного помещения ФГБУ «ГНЦ РФ - Федеральный

медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России были проведены исследования электромагнитных факторов средств ИКТ. Определялась напряженность электростатического, электрического, магнитного полей и электромагнитного излучения у наиболее часто использующихся средств ИКТ. В качестве измерительной аппаратуры применялись измеритель электрического и магнитного полей трехкомпонентный «ВЕ-метр», измеритель напряженности электростатического поля ЭСПИ-301 и измеритель уровня электромагнитных излучений ПЗ - 41. На основании полученных данных при помощи формулы (Конюхов В.А., Вакулюк В.М., 2008), модернизированной нами, была рассчитана индивидуальная электромагнитная экспозиция (ЭМЭи). Биоритмологические исследования (n=126) включали в себя определение коэффициента биологического возраста (КБВ) и вариабельности сердечного ритма. Вариабельность сердечного ритма, соответственно международным стандартам, исследовали методом регистрация R–R-интервалов в течение 5 мин. Применялся автоматизированный способ регистрации кардиоинтервалов с помощью электронного кардиографа (Поли-Спектр-8/ЕХ, Нейрософт). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием Microsoft Excel и прикладного лицензионного пакета MedStat с проверкой вариационных рядов на нормальное распределение.

Результаты. Среднесуточная длительность работы студентов со средствами ИКТ в среднем составила 175,2 ± 8,2 минут в сутки, при гендерном разделении длительность работы юношей составила 195,2 ±10,3, а девушек – 150,1 ± 7,0 мин, что на 23,1% меньше. При этом 6,1% юношей отметили ухудшение общего состояния, 8,9% - головную боль, 8,6% - снижение работоспособности. У девушек подобные жалобы предъявили 17,9%, 19,4% и 42,5% соответственно. Более 60% обследованных выбирали для работы с ИКТ интервал с 18 до 21часа, более 30% - с 21 до 24, остальным студентам для работы оказалось удобно более позднее время суток.

Полученные средние значения электромагнитных факторов средств ИКТ, используемых студентами, в целом находились в пределах существующих на сегодняшний день допустимых уровней. Рассчитанная средняя ЭМЭи при этом составила 0,47 ± 0,03 условных баллов (у.б.). Биоритмологические исследования показали: медиана КБВ превысила единицу и была равна 1,07±0,039, что означает некоторое превышение биологического возраста над календарным и свидетельствует о снижении уровня здоровья. При проведении анализа вариабельности сердечного ритма были получены следующие результаты: наиболее часто встречающаяся длительность кардиоинтервала (Мо) была равна 819±24,36 мс, индекс напряжения (ИН) – 75,95±2,99 о.е., индекс вегетативного взаимодействия (ИВВ) – 1,02±0,01. Далее для выявления характера зависимости при помощи пакета анализа MATLAB Simulink была определена достоверность нелинейной аппроксимации для сигмоидной функции (Log-нормального распределения). В результате достаточная достоверность (R2≥0,5) получена только для зависимости ИВВ от ЭМЭи (R_2=0,702), в связи с чем была выдвинута гипотеза о нестохастическом (пороговом) характере действия данной зависимости. Пороговый характер зависимости описывася минимально возможным эффектом ИВВ – Emin = 1,113; максимально возможным эффектом Emax=1,371 и полумаксимальным эффектом E50=1,252. Основной характеристикой порогового характера доза – эффект являлась полумаксимальная доза ED50 = 0,461 (в нашем случае это ЭМИэ вызывающая средний эффект развития ответной реакции ИВВ). Далее был рассчитан вероятностный риск Rp = 0,582, что, исходя из эмпирической таблицы рисков, позволил интерпретировать полученное значение как высокую зону риска.

Обсуждение. Изменение состояние здоровья человека в результате работы со средствами ИКТ вызывает пристальный научный интерес. В последних работах зарубежных

ученых определен ряд новых эффектов: так выявлено нарушение продолжительности сна у детей при интенсивном использовании персональных компьютеров [1]. Отечественными специалистами определены особенности, в том числе и вегетативного статуса работающих с компьютерной техникой [2]. Авторы констатируют, что такие нарушения в состоянии здоровья, как головные боли и раздражительность, нарушения сна формируются уже при стаже работы от 1 до 3 лет. Обеспокоенность вызывает тот факт, что выявленные нами подобные нарушения обнаружены у непрофессиональных молодых пользователей средств ИКТ. Кроме того, при оценке вариабельности сердечного ритма, изменения имели пороговый характер действия. Опираясь на полученные нами результаты, а также данные ряда исследователей влияния использования компьютерных технологий на здоровье непрофессиональных пользователей [3], можно предположить в будущем ухудшение состояния здоровья молодого поколения.

В эпидемиологических исследованиях при изучении хронического действия ЭМП высоких и сверхвысоких частот на состояние здоровья работников отмечен близкий характер жалоб на ухудшение самочувствия и работоспособности в первые годы профессиональной работы людей [4]. Это проявлялось повышением заболеваемости со стороны центральной нервной, сердечно – сосудистой, иммунной и ряда других систем, что свидетельствовало об ускоренном старении. Нами также получено увеличение коэффициента биологического возраста в ответ на действие КЭФ у непрофессиональных пользователей средств ИКТ.

Вывод. Медиана КБВ превысила единицу и была равна 1,07±0,039, что означает некоторое преобладание биологического возраста над календарным и свидетельствует о снижении уровня здоровья у обследованных студентов. Статистический анализ взаимосвязи физиологических параметров определил наличие достоверных (на уровне $p<0,05$) положительных корреляционных связей ЭМЭи с инсомнией (0,485), КБВ (0,304), ИН (0,504), и ИВВ (0,736). Выявлен пороговый характер статистической взаимосвязи ЭМЭи с ИВВ с достоверностью аппроксимации R_2 =0,702.

Список литературы

1. Nuutinen T., Roos E., Ray C. et all. Clustering of energy balance-related behaviours, sleep, and overweight among Finnish adolescents. International Journal of Public Health. 2017; 62(8): 929–938.
2. Зайцева Н. В., Власова Е.М., Малютина Н. Н. Особенности психологического статуса работающих с компьютерной техникой. Медицина труда и промышленная экология. 2011; 1: 14-18.
3. Хасанова Н.Н., Силантьев М.Н., Челышкова Т.В. Адаптивные возможности сердечно – сосудистой системы у студентов, работающих за компьютерами на занятиях по информатике в условиях профилактики утомления. Вестник АГУ. 2015; 2 (161): 73 – 79.
4. Григорьев Ю.Г., Ушаков И.Б., Красавин Е.А. Космическая радиобиология за 55 лет. Радиационная биология. Радиоэкология. 2014; 3 (54): 335 – 336.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ - ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПИЧНЫХ УСЛОВИЙ

Комаров Д.Б., Прокофьева А.С., Григорьев О. А.
Центр электромагнитной безопасности, г. Москва, Россия,
komarovdmitrii88@gmail.com

Абстракт.

Исследована электромагнитная обстановка 320 рабочих мест в компьютерных классах учебных заведений. Дана сравнительная характеристика электромагнитной обстановки цифрового рабочего места с различными типами видеодисплейных терминалов: с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ), жидкокристаллических (ЖК) с системами CCFL и LED. По критерию минимизации электромагнитного поля оптимальны ВДТ типа LED. Методы, разработанные ранее для гигиенической оценки ЭЛТ ВДТ, не применимы для цифрового рабочего места и требуют адаптации.

Ключевые слова: электромагнитное поле, гигиена, цифровое рабочее место, класс, учебное заведение, здоровье, ПЭВМ, ВДТ.

THE WORKPLACES ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT OF DIGITAL SCHOOL

Komarov D.B., Prokofeva A.S., Grigoriev O.A.
Center for Electromagnetic Safety, Moscow, Russia
nashome04@gmail.com

Abstract.

The electromagnetic environment of 320 workplaces in computer classes of educational institutions was investigated. A comparative characteristic of the electromagnetic environment of a digital workstation with various types of video display terminals is given: with a cathode ray tube (CRT), liquid crystal (LCD) with CCFL and LED systems. According to the criterion of minimizing the electromagnetic field, LEDs of the LED type are optimal. The methods developed previously for the hygienic assessment of CRT monitors are not applicable for a digital workstation and require adaptation.

Keyword: electromagnetic fields, regulatory framework, computer classes, population, PC, monitor.

Современной цифровое рабочее место строится на основе персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ), видеодисплейных терминалов (ВДТ), систем электроснабжения и беспроводной передачи данных. Последняя может использоваться как для связи с локальной или глобальной сетью, так и для периферийного оборудования ПЭВМ. Это приводит к возникновению на рабочем месте электромагнитного поля (ЭМП) широкого спектра (от КНЧ до УВЧ), которое может иметь гигиенически значимые величины. Традиционно, с момента внедрения ВДТ на основе электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) в 80-х годах, считается, что основную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя формирует именно этот элемент рабочего места пользователя ПЭВМ и ВДТ.

В связи с широким внедрением цифровых технологий в образование, а так же учитывая высокую чувствительность организма детей и подростков к электромагнитному фактору, актуальна разработка гигиенических регламентов безвредного использования

цифрового оборудования в системе образования. Начальным этапом стало исследование электромагнитной обстановки на рабочих местах в классах учебных заведений с ПЭВМ, оснащенных ВДТ различных конструкций – 1) монитор на основе ЭЛТ, 2) жидко-кристаллический (ЖК) монитор с системой подсветки CCFL, 3) ЖК монитор с системой подсветки LED, в том числе нового поколения с разрешением 2К. Измерения проводились на расстоянии 50 см от поверхностей источника по центру и краям для каждой его стороны. Все измерения проводились при значениях фона ниже чувствительности приборов. Обследовано 320 рабочих мест в период 2017-2019 годов.

В докладе приведен статистический анализ данных по разным типам ВДТ.

Анализ данных показал, что происходит снижение интенсивности ЭМП от ВДТ с каждым поколением. По критерию минимальных электромагнитных полей оптимальны ВДТ типа LED. Однако, у ЖК ВДТ с системой подсветки LED и разрешением 2К измеренные значения электрического поля в частотном диапазоне 5 Гц – 2 кГц оказались выше, чем у ЖК ВДТ с системой подсветки LED меньшего разрешения и достигали значений сходных со значения полученными от ЖК ВДТ с с системой подсветки CCFL. Во всех случаях результаты измерений в частотном диапазоне 300 МГц – 18 ГГц были меньше 1 мкВт/см^2.

Полученные нами результаты оказались в 1,5 – 2 раза ниже данных большинства зарубежных исследователей. Однако в публикациях зарубежных коллег отсутствуют данные о фоновых значениях, что, по нашему мнению, могло повлиять на данные.

Спектральный анализ электромагнитной обстановки на рабочих местах показал, что нет обоснованных причин использовать диапазоны 5 Гц - 2 кГц и 2 - 400 кГц для гигиенического анализа современных ЖК ВДТ и систем беспроводной передачи данных, что определяется их конструкцией. Указанные диапазоны были буквально перенесены из шведского стандарта MPR II для оценки ЭЛТ ВДТ в лабораторных условиях, разработанного в 1990 году, и не предназначавшегося для гигиенической оценки электромагнитной обстановки современного цифрового рабочего места с ЖК ВДТ и системами беспроводной передачи данных в радиочастотном диапазоне.

ЗАВИСИМОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ СОЗДАВАЕМОЙ ТЕРМИНАЛАМИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Министерство науки и высшего образования России, 295051, Симферополь, e-mail: kphis012@yandex.ua

В результате мониторинга электромагнитной обстановки создаваемой терминалами мобильной связи в Республике Крым, в 22 административных единицах были получены данные о средней о плотности потока энергии, интервале доступа и индивидуальной электромагнитной экспозиции, что позволило рассчитать индивидуальную электромагнитную нагрузку (ИЭН), равную 112,41±9,15 ((мкВт/см^2)·мин). Обнаружены положительные корреляционные связи ИЭН с показателем общей заболеваемости болезней системы кровообращения (R=0,511; p=0,015), повышения кровяного давления (R=0,523; p=0,013) и ишемической болезнью сердца (R=0,452; p=0,035).

Ключевые слова: электромагнитные излучения, мониторинг, терминал мобильной связи, патология системы кровообращения, повышение кровяного давления, ишемическая болезнь сердца

DEPENDENCE OF THE DISEASES OF THE BLOOD CIRCULATION SYSTEM ON ELECTROMAGNETIC LOAD CREATED BY MOBILE TERMINALS

Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Russia, 295051, Simferopol, e-mail: kphis012@yandex.ua

As a result of monitoring the electromagnetic environment created by mobile communication terminals in the Republic of Crimea, data on the average energy flux density, access interval and individual electromagnetic exposure were obtained in 22 administrative units, which made it possible to calculate an individual electromagnetic load (IEL), 112.41 ± 9, 15 ((μW / cm2) • min). Positive correlation was found between IEL and the indicator of the general incidence of circulatory system diseases (R = 0.511; p = 0.015), increased blood pressure (R = 0.523; p = 0.013) and coronary heart disease (R = 0.452; p = 0.035).

Keywords: electromagnetic radiation, monitoring, mobile communication terminal, pathology of the circulatory system, increased blood pressure, coronary heart disease

Введение. Выявление взаимосвязи распространенности болезней системы кровообращения с электромагнитной обстановкой, создаваемой терминалами мобильной связи (ТМС) является актуальной проблемой современной профилактической медицины. В работе дана оценка электромагнитной обстановки, создаваемой ТМС по значению индивидуальной электромагнитной нагрузке (ИЭН).

Материал и методы. Используя данные измеренной в 2102 точках Республики Крым плотности потока энергии (ППЭ) и интервала доступа (ИД) - времени в течении которого ТМС имеет максимальную мощность электромагнитного излучения, величина которого линейно связана с загруженностью мобильной сети в данном регионе [1], методом краудсорсинга по 1 850 отчетам о детализации звонков операторов мобильной связи

определяли индивидуальную электромагнитную экспозицию (ИЭЭ). Используя полученные данные рассчитывали индивидуальную электромагнитную нагрузку (ИЭН) [2, 3]. Медико-статистический анализ болезней системы кровообращения (БСК) проведен на основании данных статистических отчетных форм за 2015 – 2018 г, полученных из ГБУ РК «Крымский медицинский информационно-аналитический центр» (МИАЦ). Статистическая обработка проводилась линейным корреляционным анализом по Пирсону.

Результаты. В результате мониторинга электромагнитной обстановки были получено средние значение по Крыму ППЭ 1,36±0,06(мкВт/см^2), ИД 8,82±0,28 и ИИЭ 56,94±2,77 мин/сутки. Среднее по Крыму значение ИЭН в зимний период 2018 – 2019 года составила 112,41±9,15 (мкВт/см^2)·мин, максимальное значение в городах Симферополь (245,82±7,51 (мкВт/см^2)·мин), Ялта (148,89±5,87 (мкВт/см^2)·мин и Черноморском (153,77±4,84 (мкВт/см^2)·мин) районе. Минимальные значения в городе Армянск (60,01±2,65 (мкВт/см^2)·мин), Белогорском (50,10±2,23 (мкВт/см^2)·мин) и Джанкойском районах (75,82±2,90 (мкВт/см^2)·мин). Далее был статистически рассчитан коэффициент парной корреляции по Пирсону между ППЭ, ИЭН и основными показателями распространенности БСК в Крыму. Следует отметить, что обнаруженные достоверные корреляционные связи между ППЭ с показателем общей заболеваемости (ПОЗ) БСК (R=0,452; p=0,035), с показателем первичной заболеваемости (ППЗ) болезнями характеризующимися повышением кровяного давления (ПКД) (R=0,544; p=0,009) и с ПОЗ ишемической болезнью сердца (ИБС) (R=0,434; p=0,043) дублируются корреляционными связями ИЭН с теми же показателями заболеваемости ПОЗ БСК (R=0,511; p=0,015), ППЗ ПКД (R=0,523; p=0,013) ПОЗ ИБС (R=0,452; p=0,035)). Однако, обнаруженная новая корреляционная зависимость между ИЭН и ПОЗ ПКД (R=0,449; p=0,036)) позволяет оценить методику определения ИЭН как более «чувствительную».

Обсуждение. Обнаруженные положительные корреляционные связи между ИЭН и БСК в целом позволяют выдвинуть гипотезу о возможном воздействии ЭМП РЧ терминалов мобильной связи на состояние ССС с последующим формированием БСК, что совпадает с литературными данными [4]. Обращает на себя внимание достоверная корреляция ИЭН с ПОЗ ПКД, ППЗ ПКД что находит подтверждение работах других авторов [5]. Полученная корреляционная связь ИЭН с ПОЗ ИБС не нашла прямого подтверждения в изученных нами литературных источниках, но формирование ИБС отражается на вариабельности сердечного ритма, изменяющейся при действии электромагнитного излучения ТМС мобильной связи [4] и показаны факты ишемии сосудов головного мозга при аналогичном воздействии [6, 7].

Вывод. Проведение статистического анализа результатов по заболеваемости населения Крыма БСК за 2015 – 2018 гг выявило достоверные корреляционные связи между ППЭ с ПОЗ БСК (R=0,452; p=0,035), с ППЗ ПКД (R=0,544; p=0,009) и с ПОЗ ИБС (R=0,434; p=0,043) дублируются корреляционными связями ИЭН с теми же показателями заболеваемости (ПОЗ БСК (R=0,511; p=0,015), ППЗ ПКД (R=0,523; p=0,013) ПОЗ ИБС (R=0,452; p=0,035)). Обнаруженная новая корреляционная зависимость между ИЭН и ПОЗ ПКД (R=0,449; p=0,036)) позволяет оценить методику определения ИЭН как более «чувствительную».

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-013-01028А.

Список литературы

1. Дугаев Д.А. Исследование времени установления соединения в восходящем (UPLINK) направлении в LTE. T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2013; 7 (5): 25-28.
2. Гигиеническая оценка коллективной и индивидуальной электромагнитной нагрузок, создаваемой мобильными средствами связи. Методические рекомендации.- М., Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2002: 16.

3. Жуль Е.Г., Моргулис И.И., Кочемарова Ю.В. Формирование электромагнитной нагрузки в услових городской среды. Вестник КрасГАУ. 2008; 5: 291-297.
4. Ekici B., Tanindi A., Ekici G., Diker E. The effects of the duration of mobile phone use on heart rate variability parameters in healthy subjects. Anatol. J Cardiol 2016; (11): 833-838.
5. Szyjkowska A., Gadzicka E., Szymczak W., Bortkiewicz A.The reaction of the circulatory system to stress and electromagnetic fields emitted by mobile phones - 24-h monitoring of ECG and blood pressure. Med Pr. 2019 Jul 16;70(4):411-424.
6. Benson V.S., Pirie K., Schuz J., Reeves G.K., Beral V., Green J. // Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study. Int J Epidemiol. 2013; 42 (3): 792-802.
7. Malikova M.A., Kaliaev A.O., Sukhoruchkin A.A., Bakhmetev A.S. The effect of mobile phone electromagnetic radiation on brain vessels. Surg Case Rep Rev. 2017; 1(1): 1-3.

СИСТЕМА МИНИМИЗИРУЮЩАЯ ИЗЛУЧЕНИЕ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

А.Н. Баранов
Москва, Россия, 89261624309@mail.ru

Сотовый телефон является самым распространенным устройством связи сегодня. И одновременно с этим, сотовый телефон является источником неионизирующего излучения. Было создано устройство минимизирующее такое воздействия на человека при сохранении привычного и удобного способа использования сотовым телефоном.
сотовый телефон, защита, электромагнитное излучени.

THE SYSTEM THAT MINIMIZE CELL PHONE RADIATION

A.N. Baranov

Moscow, Russia, 89261624309@mail.ru

Cell phones are the most used communication tool today. But at the same time, a cell phone is a device that emit electromagnetic radiation. We have designed a system that minimizes this kind of impact. At the same time, the system allow you to use cell phone like before.
cell phone, protection, electromagnetic radiation.

Сотовый телефон является неотъемлемой частью жизни современного человека. Для многих он стал еще и профессиональным инструментом. Вместе с тем, сотовая связь — это вид беспроводной передачи информации, при которой в качестве носителя информации используется электромагнитное излучение радиочастотного диапазона.

Именно по этому пункт 6.9. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи" предписывает максимально возможное сокращение времени пользования сотовым телефоном, а так же ограничение использования сотовыми телефонами лицами до 18 лет и женщинами в период беременности.

Как известно, при неизменном потоке электромагнитного излучения, существует только три способа защиты: временем, экранированием и расстоянием. К сожалению применительно к сотовому телефону они все мало реалистичны. Рассмотрим почему.

Защита временем – это ограничение продолжительности нахождения в поле излучения. Другими словами необходимо максимально сократить время разговоров, но мало кто готов себя ограничить в пользовании сотовым телефоном.

Защита экранированием**.** Применение экранирующих костюмов и других средств защиты изготовленных из тканей с токопроводящими нитями отпадает по понятным причинам.

Защита расстоянием. В случае с сотовым телефоном – это использование гарнитуры. Но к сожалению для этого требуется определенная дисциплины, а для многих это просто не удобно.

Таким образом, сохранить привычное удобство сотового телефона и снизить воздействие на абонента возможно лишь уменьшив излучаемую мощности передатчика

аппарата при сохранении необходимого уровня сигнала на входе приемника базовой станции. Эту задачу мне удалось решить.

В современных сетях сотовой связи базовые станции управляют выходной мощностью телефона.

Это позволяет:

обеспечить эффективное использования имеющегося у оператора спектра частот,

создать оптимальный режим работы приемника базовой станции;

экономить энергию батареи и увеличить время автономной работы телефона.

При регулировании выходной мощности, базовая станция стремится поддерживать уровень принимаемого сигнала от телефона в оптимальных пределах. Другими словами, уровень излучения телефона будет снижаться до минимального значения, обеспечивающего требуемое качество связи.

Даже подойдя к окну во время разговора, вы уменьшите затухание радиосигнала на пути от телефона до базовой станции и тем самым снизите излучаемую мощности вашего телефона.

Система состоит из приемной антенны устанавливаемой внутри помещения, блока усиления-переизлучения и узконаправленной передающей антенны расположенной за пределами помещения.

Разработаная система способна значительно снизить ЭМИ сотового телефона. В результате экспериментов, было зафиксировано снижение мощности передатчика сотового телефона с 1000мВт (максимальная мощность передатчика современных смартфонов) до 1 мВт.

Никаких дополнительных приложений и настроек не требуется – абонент продолжаете пользоваться телефоном как прежде. Попадая в зону действия устройства, система начинает работать автоматически, даже если телефон находится в режиме разговора. Оборудование имеет компактные размеры и низкое энергопотребление. Обслуживаемой зоной может быть как отдельный кабинет или квартира, так и все здание.

Схожий принцип усиления и передачи используется для оповещения в аэропортах и вокзалах, только вместо радиосигнала передается голос диктора, вместо внутренней антенны используется микрофон, а внешнюю антенну заменяет громкоговоритель.

«Защитные наклейки» и специальные «защитные» чехлы для сотовых телефонов – это жульничество. Описаное выше решение имеет понятный механизм работы и обладает заявляемым действием – значительно снижает воздействие на человека.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.Н. Гульбин, С.Б. Бибиков
ФГБУН Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН,
119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4, vngulbin@mail.ru

Абстракт. Представлены результаты разработки радиозащитных и радио- и радиационно-защитных композитов, наполненных поглотителями электромагнитных излучений (углеродные компоненты), нейтронного излучения (борные материалы) и γ-излучений (тяжелые металлы), и исследования этих композитов, позволяющих повышать безопасность человека от источников опасности, создающих радиационные и электромагнитные излучения. Радиозащитные материалы снижают уровень электромагнитного поля в мегаполисе, в гражданском и промышленном строении до уровней, соответствующих санитарным нормам.

Ключевые слова: электромагнитные и радиационные излучения, радиозащитные и радио- и радиационно-защитные композиты.

ELECTROMAGNETIC SAFETY COMPOSITES

V.N. Gulbin, S.B. Bibikov
The Institute for Biochemical Physics named after N.M. Emanuel of Russian Academy of Sciences
4 Kosygina str., Moscow, 119334, vngulbin@mail.ru

Abstract. The results of development of radio-protective and radio-radiation-protective composites filled with absorbers of electromagnetic radiation (carbon components), neutron radiation (boron materials) and γ-radiation (heavy metals) are presented, and research of these composites allows to increase human safety from hazard sources creating radiation and electromagnetic radiation. Radio-protective materials reduce the level of electromagnetic field in metropolis, civil and industrial structure to levels that meet sanitary standards.

Keywords: electromagnetic and radiation, radio- and radiation-protective composites.

1. РАДИОЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Неотложность комплексного решения проблемы защиты городской среды обитания человека, его жилища и, в первую очередь, детей и людей со слабым здоровьем, от биологического действия ЭМП диктуется непрерывно растущим электромагнитным фоном, резким увеличением числа теле- и радиостанций, ростом мобильной связи, широким внедрением радиоэлектронных устройств и СВЧ-излучающих приборов и технологий в промышленности и в бытовых условиях, использованием ускорительных установок в медицине и промышленности и т.д. Больше всего “фонят” СВЧ-печки, мобильные телефоны, персональные компьютеры, радиосвязные, радионавигационные и радиолокационные устройства. Наиболее чувствительна к воздействию ЭМИ нервная система человека. Известные ученые полагают [1], что ЭМП может приводить к развитию онкологии и дети являются особо уязвимой частью населения при воздействии ЭМИ. Кроме того, в 2011 г. Международное агентство по исследованию рака (IARC) приняло решение о том, что ЭМП сотовых телефонов является промотором рака мозга. Термин "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" в 1995 году официально введен ВОЗ, включившей эту проблему в перечень приоритетных для человечества.

С целью коллективной защиты от электромагнитных полей радиочастотных и СВЧ-диапазонов в местах обитания человека - помещения медицинских, детских, школьных и др. учреждений, разработаны и исследованы радиопоглощающие наполнители и покрытия на основе ультрадисперсного углерода, высокодисперсного графита, углеродных волокон и нанотрубок, терморасширенного графита, которые позволяют снизить уровень ЭМП в строении до уровня допустимых (нормируемых) значений [2]. Пористые или вспененные стройматериалы (вспененное стекло, пенокомпозит, вспененный гипс и ячеистый бетон) также являются наилучшими поглотителями ЭМП. В качестве эффективного радиопоглощающего покрытия предлагается углеродсодержащая композиция УСК-Р, предназначенная для нанесения покрытий на поверхности различных строительных и конструкционных материалов и на поглотители электромагнитных волн, используемых при определении электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. УСК-Р придает радиопоглощающие и радиозащитные свойства всем материалам, в том числе пористым тепло- и звукоизоляционным материалам и заполнителям, в которых используется как покрытие или наполнитель. Разработанные радиозащитные композиционные материалы являются экологически безопасными и позволяют человеку избавиться от электромагнитного загрязнения в среде его обитания.

Для снижения уровня ЭМП до нормируемых значений [2] в среде обитания человека разработаны и опробованы радиозащитные конструкционные и строительные материалы, наполнители и покрытия [3,4]: радиозащитное пеностекло; радиозащитный бетон и пенобетон; наполнители радиопоглощающие на основе пеностекляных или полистирольных гранул с использованием радиопоглощающей бумаги или углеродного волокна, а также радиозащитный пенокомпозит. Радиозащитные материалы наиболее эффективны при выделении части пространства в жилых домах, лечебных, детских и образовательных учреждениях для обеспечении в них условий, отличных от окружающей среды и безопасных для длительного проживания и нахождения в них человека. Удельное ослабление ЭМП образцами полученных радиозащитных материалов в СВЧ диапазоне составляет не менее 6 дБ на 1 см толщины. Преимущества разработанных материалов и наполнителей – широкий спектр применения, простая технология производства, не требующая значительных трудо- и энергозатрат. Это - легкие, тепло- и звуко-изоляционные материалы, обладающие высокой негорючестью, достаточной прочностью и атмосферостойкостью.

Кроме того, получены и исследованы радиозащитные полимерные композиты, наполненные углеродными нанотрубками. Предлагаемый композит из поликарбоната при плотности 1,20 г/см^3 имеет прочность на растяжение в пределах 68-72 МПа, что не ниже прочности исходного поликарбоната, и относительное удлинение 8-10 %, при этом поглощение ЭМП достигает 25-30 дБ при толщине пластины 3,5 мм, т.е. происходит снижение уровня ЭМП в 800-1000 раз.

2. РАДИО- И РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

С целью исследования комбинированных радио- и радиационно-защитных композиционных материалов были изготовлены экспериментальные образцы на полимерной основе (СВМПЭ) с одновременным использованием различных наполнителей: радиопоглощающие (углеродные компоненты) и радиационно-защитные (поглотители гамма- и нейтронного излучений). Эти образцы испытывали на радио- и радиационно-поглощающие свойства.

При измерениях коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) и коэффициентов ослабления и отражения ЭМИ в диапазоне частот от 3,94 до 5,64 ГГц выявлено, что с

увеличением содержания углерода повышается коэффициент ослабления ЭМИ, но при этом снижается коэффициент его отражения. Это является важным свойством при использовании данных композитов как радиопоглощающих материалов.

Радиационные испытания, проведенные в НИЦ «Курчатовский институт», показали [11], что изменения коэффициента ослабления потока гамма-излучения на низких энергиях (E_γ=121 кэВ) значительно возрастает. При радиационных испытаниях с использованием пучка тепловых нейтронов, максимально очищенного от примеси быстрых нейтронов и сопутствующего гамма-излучения, установлено, что с увеличением содержания борсодержащих наполнителей коэффициент поглощения тепловых нейтронов значительно повышается и достигает 25-кратного значения. При этом в наибольшей степени поглощение нейтронов происходит наполнителями из B_4C и BN.

Список литературы:

1. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитная опасность для населения – современная оценка риска и прогноз на ближайшуб перспективу. Радиационная биология. Радиоэкология, 2018, т. 58, № 5. С. 548–549.

2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.2801-10. Изменения и дополения №1 к САНПИН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидимиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» от 27 декабря 2010 г.

3. В.Н. Гульбин, В.А. Михеев, Н.С. Колпаков и др. Материалы для защиты среды обитания человека от влияния электромагнитных излучений. Технологии электромагнитной совместимости. 2013, №2(45). С.18-25.

4. В.Н. Гульбин, В.Ф. Коровяков, Н.С. Колпаков и др. Строительные материалы для защиты объектов от воздействия электромагнитных излучений. Промышленное и гражданское строительство. №5, 2014. С.7-13.

5. Банников Ю.А. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. -79 с.

6. Новый справочник химика и технолога. Радиоактивные вещества. Вредные вещества. Гигиенические нормативы. С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. - 1142 с.

7. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков, В.В. Чердынцев. К вопросу о снижении воздействия ионизирующих и электромагнитных излучений на электронные компоненты при использовании радио- и радиационно-защитных композитов. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. Научно-технический сборник. Выпуск 4, 2016. С.10-16.

8. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков и др. Разработка и исследование радио- и радиационно-защитных композиционных материалов. Наукоемкие технологии, №5, 2015. С.16-24.

9. В.Н. Гульбин, В.А. Михеев, Н.С. Колпаков и др. Разработка радио- и радиационно-защитных материалов для авиационной техники. Сборник докладов IX международной научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон», сентябрь 7-8, 2012, часть II. С. 108-117.

10. Гульбин В.Н., Колпаков Н.С. Облегченные радиационно-защитные композиты. Наукоемкие технологии. 2014. Т. 15, № 3. С. 4-16.

11. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков, В.В. Горкавенко и др. Исследование структуры и свойств радио- и радиационно-защитных полимерных нанокомпозитов. Электромагнитные волны и электронные системы. №1, 2018. С.4-11.

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ДОЗИМЕТР МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ «МЕРА»

А.С. Дмитриев, В.В. Ицков, М.Г. Попов, А.И. Рыжов
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Россия, г. Москва,
chaos@cplire.ru

В работе сформулированы требования к персональным устройствам для мониторинга окружающего радиоизлучения микроволнового диапазона. Разработан и экспериментально апробирован прототип устройства. Выпущен предпромышленный образец дозиметра.

Ключевые слова: персональная дозиметрия, носимые устройства, мониторинг окружающего радиоизлучения.

PERSONAL MICROWAVE DOSIMETER «MERA»

A.S. Dmitriev, V.V. Itskov, M.G. Popov, A.I. Ryzhov
Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Russia, Msocow,
chaos@cplire.ru

Requirements for personal devices capable of microwave radiation monitoring are formulated. The prototype of such device was developed and experimentally tested.

Keywords: personal dosimetry, wearable devices, microwave radiation monitoring.

Введение.

Вопрос влияния электромагнитных волн на организм человека интенсивно изучается несколько десятилетий [1-3], однако до сих пор на него нет консолидированной позиции научного сообщества. Результаты исследований, проведенных по этому вопросу, можно разделить на две группы – одна из которых утверждает, что электромагнитное излучение, окружающее человека в повседневной жизни так или иначе проявляет себя, оказывая в основном негативное пагубное влияние на здоровье; вторая же в своих выводах приходит к заключению, что нет поводов для беспокойства. Острота проблемы здоровья как нынешнего, так и будущих поколений, состоит в том числе и в том, что системы беспроводной связи являются неотъемлемой частью жизни современного общества, и на сегодняшний день им нет альтернативы. Немаловажной является и экономическая сторона вопроса, включая интересы компаний производителей аппаратуры и компаний операторов. При этом общепринятых статистически значимых оценок влияния на человечество в целом этого относительно нового антропогенного фактора пока нет.

Постановка задачи.

В рамках данной работы предлагается создание и исследование персональных средств мониторинга количества энергии, получаемой человеком от средств сотовой связи, WiFi сетей и других источников радиоизлучения микроволнового диапазона частот с целью индивидуального контроля активности использования средств беспроводной связи, выбора условий оптимизации их использования и создания на основе данных от таких персональных средств облачной базы данных, накапливающей информацию об объемах получаемого организмом излучения и позволяющей на основе сопоставления с другими социометрическими данными производить статистический анализ влияния электромагнитного излучения на деятельность больших групп населения и состояние их здоровья. Таким образом, накопление значительного объема статистических данных как для

отдельного человека, так и для группы людей, дает возможность оценить степень влияния электромагнитного излучения на организм человека.

В качестве устройства, решающего поставленную задачу предлагается использовать персональный дозиметр электромагнитного излучения, обладающий следующими характеристиками и способный решать следующие задачи:

- измерять интенсивность падающего на него электромагнитного излучения;
- интегрировать общий поток для получения интегральной мощности (энергии) принятого излучения;
- иметь возможность хранить получаемые данные в течение длительного периода времени;
- обеспечивать возможность с помощью специальных программных приложений извлекать полученную информацию на персональные устройства (в основном смартфоны), работать с ней и передавать ее в облачные хранилища;
- обеспечивать при этом в достаточной степени защиту персональных данных.

Спектральный охват устройства-дозиметра предлагается выбрать в диапазоне от 800 МГц до 8 ГГц. Сюда попадают такие стандарты как CDMA (830 МГц, 880 МГц), GSM (900 Мгц, 1800 МГц), 4G/LTE (2.5-2.7 МГц), WiFi и Bluetooth (2.4 ГГц, 5 6 Ггц).

Поскольку такое устройство предполагается массовым, оно должно иметь небольшие размеры, быть удобным и простым в использовании, недорогим, допускать значительное время непрерывной автономной работы.

Экспериментальный макет.

Для оценки возможности решения поставленной задачи был разработан макет устройства, использующий в качестве чувствительного элемента логарифмический детектор. Для реализации экспериментального макета за основу был взят универсальный приемопередающий сверхширокополосный прямохаотический модуль [4,5].

Устройство управляется микроконтроллером на архитектуре ARM Cortex-M, который обеспечивает связь дозиметра с устройствами считывания данных посредством аппаратного USB-порта. Так решаются две задачи: считывание данных и возможность подзарядки встроенного литий-полимерного аккумулятора ёмкостью 450мАч, позволяющего устройству автономно функционировать в течение 8-9 месяцев. При решении задачи максимизации длительности времени автономной работы нельзя не затронуть вопрос минимизации энергопотребления. Она достигается путем использования режима глубоко сна, доступного для микроконтроллера и путем отключения логарифмического детектора на время сна. При этом по умолчанию снятие данных с детектора происходит один раз в секунду. Такой вариант приемлем, поскольку интересна в первую очередь интегральная мощность (энергия) фонового электромагнитного уровня сигнала, а не отдельные короткие импульсы. Таким образом, алгоритм работы устройства заключается в следующем:

1. Переход в режим сна.
2. Выход из режима сна каждую секунду, оцифровка и снятие и запись данных в память устройства.
3. При подключении устройства к ПК или смартфону и последующем выходе из спящего режима происходит инициализация дозиметра как USB устройства, при этом происходит подзарядка встроенного в дозиметр аккумулятора и продолжается периодическое накопление данных.
4. При подключенном компьютера или смартфона с помощью специального программного обеспечения можно осуществлять анализ накопленных данных, производить их запись на ПК или смартфон. В дальнейшем предполагается возможность передачи

получаемой информации в облачное хранилище для использования при статистическом анализе.

5. При отключении дозиметра от смартфона (ПК) снова активизируется спящий режим с периодическим выходом из него для накопления данных.

Исследование макета.

Для экспериментальной проверки работоспособности устройства и качественной оценки величины электромагнитного поля, создаваемого различными источниками, было разработано программное приложение для ПК, способное взаимодействовать с дозиметром и отображать в реальном времени получаемые данные.

Для оценки общего уровня фонового излучения было произведено накопление данных в отсутствии каких-либо излучающих в рабочем диапазоне приборов в непосредственной близости к дозиметру.

Затем для качественной оценки работоспособности прибора варьировался уровень фонового излучения при помощи непрерывного источника сверхширокополосного шумового сигнала, в качестве которого был использована лампа радиосвета [6] на базе генератора динамического радиочастотного хаотического сигнала диапазона 3-5 ГГц. Влияние лампы на показания устройства можно было наглядно наблюдать при приближении и отдалении лампы радиосвета от дозиметра, чему соответствуют увеличение и уменьшение уровня принимаемого сигнала на экране компьютера, к которому подключено устройство.

Еще одним экспериментом, в полной мере демонстрирующим способность разработанного устройства решать поставленную задачу является эксперимент, направленный на оценку влияния сотового телефона в режиме разговора. В ходе данного эксперимента мобильный телефон располагался в непосредственной близости от устройства дозиметра, на расстоянии порядка 10 см. При этом был произведен звонок в течение некоторого времени. Показания, полученные в ходе этого эксперимента, демонстрируют, что в момент разговора по мобильному телефону средний уровень мощности, поглощаемой дозиметром равен десяткам мкВт, что является величиной на три порядка превышающей значение мощности в отсутствии источников излучения.

Исходя из результатов проведенных тестов и экспериментов, представленное в работе устройство, реализующее в себе макет автономного носимого дозиметра электромагнитного излучения, при соответствующей доработке способно в полной мере справиться с задачей длительного накопления статистических данных по уровню мощности фонового электромагнитного излучения, создаваемого типовыми средствами персональной мобильной связи, а также помочь ответить на вопрос о степени его воздействия на организм человека.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. М.: Экономика. 2015. 573 с.

2. Зубарев Ю.Б. Системы сотовой связи и их влияние на здоровье человека. М. 2016.

3. http://www.sciencedirect.com/science/journal/18777821?sdc=1

4. Гуляев Ю.В., Дмитриев А.С., Лазарев В.А., Мохсени Т.И., М. Г. Попов М.Г. Взаимодействие и навигация роботов на основе сверхширокополосной прямохаотической связи. // РЭ. 2016. Т. 61. № 8. С. 765-772.

5. Дмитриев А.С., Герасимов М.Ю., Ицков В.В., Лазарев В.А., Попов М.Г., Рыжов А.И. Активные беспроводные сверхширокополосные сети на основе хаотических радиоимпульсов // РЭ. 2017. Т. 62. № 4. С. 354-363.

6. Дмитриев А.С., Ефремова Е.В. Источники радиоосвещения на основе сверхширокополосных микрогенераторов хаотических колебаний. // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. № 24. С. 49-57.

ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БИОЛОГИИ, РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЕ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В РОССИИ ЗА ПРОШЕДШИЕ СТО ЛЕТ

В.А.Алексеева[1,2]; О.А. Григорьев [1,2]; А.С. Прокофьева[2]; М.Е. Гошин[3]

1 - Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений
2 - Центр электромагнитной безопасности
3 - ФГБУ ЦСП Минздрава России

Впервые сформирован полный список научных конференций по электромагнитной биологии, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений, проходивших в нашей стране. До 1934 года тематика рассматривалась в рамках секционных заседаний на различных конференциях. Как минимум 30 специализированных конференций, проведенных в нашей стране, имеют общенациональный характер, отражают систематичность и плановость исследований медико-биологических эффектов электромагнетизма в СССР и России.
Ключевые слова: история науки, электромагнитное поле, биология, медицина, радиобиология, гигиена, конференция, симпозиум, Россия, СССР

THE HISTORY OF SCIENTIFIC CONFERENCES ON ELECTROMAGNETIC BIOLOGY, RADIOBIOLOGY AND HYGIENE OF NON-IONIZING RADIATION IN RUSSIA OVER THE PAST HUNDRED YEARS

V.A. Alekseeva [1,2]; O.A. Grigoryev [1,2]; A.S. Prokofieva[2]; M.E. Goshin[3]

1 - Russian National Committee for Non-ionizing Radiations Protection
2 - Center for Electromagnetic Safety
3 - Center for Strategy Planing of Ministry of Health of Russia

For the first time, a complete list of scientific conferences on electromagnetic biology, radiobiology and hygiene of non-ionizing radiation that took place in our country has been compiled. Until 1934, topics were considered as part of breakout sessions at conferences. At least 30 specialized EMF conferences held in Russia (USSR) are of a national conference, reflect the systematic and planned studies of the biomedical effects of electromagnetism in the USSR and Russia.
Keywords: history of science, electromagnetic field, biology, medicine, radiobiology, hygiene, conference, symposium, Russia, USSR

Тематика научных конференций отражает динамику развития исследований биологических эффектов электромагнитного поля и медико-биологических приложений. Настоящий анализ включал конференции, проведенные в нашей стране, но не включал известные зарубежные конференции с участием отечественных ученых, а также "электромагнитные" секции на общих радиобиологических или гигиенических конференциях.

Периодичность и частота проведения конференций, в целом, соответствует этапам развития радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений в нашей стране. Первоначально тематика электромагнитной биологии и медицины обсуждалась в отдельных докладах или на секциях конференций по естествознанию, электротехнике, физике и

медицине. Так в 1913 году, на двенадцатом Пироговском съезде обсуждался вопрос эффективности для терапии нервных болезней наведенных токов от высокочастотных катушек дАрсонваля.

В 1934 году во Всесоюзной академии сельско-хозяйственных наук была проведена первая в нашей стране специализировання конференция по биоэффектам ультракоротких волн в сельском хозяйстве. Рассматривались вопросы как применения поражающего действия электромагнетизма для борьбы с вредителями и сорняками, так и методам биологический электромагнитной стимуляции сельско-хозяйственных культур и животных, в том числе вопросам электрокультуры. В том же 1934 году на Всероссийской конференции патологов в Москве вопросы влияния ультракоротких радиоволн на вопросы обмена, поведения и термического действия обсуждались на секционных заседаниях как «внепрограммные доклады».

В целом можно классифицировать первую группу конференций (до 1940 года) как преимущественно посвященную вопросам прикладных исследований в медицине (терапия), в сельском хозяйстве, а также в промышленности переработки сельскохозяйственной продукции. Безусловно, как феномен научно-организационной работы, необходимо упомянуть регулярные заседания Биофизической секции Московского общества естествоиспытателей природы в 1937-38 годах, на которых под руководством академика П.П. Лазарева обсуждали вопрос механизма биологического эффекта УКВ - тепловое действие (Н.Н. Малов), против результатов экспериментальных исследований С.Я. Турлыгин говорящих о наличии специфического действия ЭМП в условиях отсутствия теплового эффекта.

Вопросы гигиены труда в условиях действия электромагнитного поля доминируют с 1959 года. в период активной разработки первых обязательных санитарных норм для источников электромагнитного поля. В конце 60х и 70е годы преимущественно обсуждались вопросы биологических эффектов магнитного поля (магнитобиология) и вопросы механизмов биологического действия радиочастот.

С начала 1980х годов проведены первые международные конференции в нашей стране - в рамках советско-американской программы по совместному исследованию биологических эффектов электромагнитного поля. Пост-советский этап представлен серией международных конференций под эгидой Всемирной организации здравоохранения и Международного электромагнитного проекта. Тематика конференций этого периода затрагивает вопросы гармонизации допустимых уровней электромагнитного поля и исследования био-медицинских эффектов новых технологий - компьютерного оборудования, подвижной и сотовой связи, систем беспроводной передачи данных.

Места проведения конференций и организаторы демонстрируют преемственность научных школ. Организаторами конференций чаще всего выступали Военно-медицинская академия (Ленинград) в период 1937 по 1993 годы, Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (Москва) с 1958 по 1977, Институт коммунальной гигиены им. Марзеева (Киев) с 1969 по 1985, Институт биофизики АН СССР (Пущино) в 1982-1987 годах и Институт биофизики Минздрава России (Москва) совместно с Центром электромагнитной безопасности и Российским национальным комитетом по защите от неионизирующих излучений (1996-2004).

Вместе с тем, авторы доклада подчеркивают общенациональных характер конференций (всесоюзный или всероссийский), в которых принимали участие специалисты всех ведущих научных школ. Преемственность в передаче знаний в области электромагнитной биологии, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений и систематичность организации исследований в полной мере отражается в тематике и периодичности национальных научных

конференций. В таблице 1 приводится хронологический список научных конференций с 1934 года по настоящее время.

Таблица 1. Научные конференции и симпозиумы
по медико-биологическим эффектам электромагнитного поля, радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений в СССР и Российской Федерации

№	год	Название конференции. Основной организатор. Город проведения
1	1934	Ультракороткие волны в сельском хозяйстве. Всесоюзое совещание. Всесоюзная акададемия сельско-хозяйственных наук им. В. И. Ленина. Москва
2	1935	Ультракороткие волны в медицине и биологии Первая конференция Украинского института экспериментальной медицины. Харьков
3	1937	Первое Всесоюзное совещание врачей, биологов и физиков по вопросам применения коротких и ультракоротких волн в медицине. Наркомздрав СССР. Москва.
4	1937	Ленинградская конференция по УВЧ (ультракороткие волны). Военно-медицинская академия РККА им. С. М. Кирова и Всесоюзный институт экспериментальной медицины им. А. М. Горького. Ленинград
5	1940	Всесоюзный съезд врачей, биологов и физиологов по вопросам применения коротких и ультракоротких волн (ВЧ и УВЧ) в медицине. Москва
6	1959	Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн. Научная конференция. Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. Москва.
7	1962	Вопросы биологического действия сверхвысокочастотного электромагнитного поля. Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова. Ленинград.
8	1963	Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных полей радиочастот. Вторая научная конференция. Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. Москва.
9	1966	Всесоюзное совещание по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты.
10	1968	Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных полей радиочастот. Третий Всесоюзный симпозиум. Москва.
11	1969	Второе Всесоюзного совещания по изучению магнитных полей на биологические объекты. Москва.
12	1972	Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Четвертый Всесоюзный симпозиум. Москва.

13	1972	Гигиеническая оценка магнитных полей. Симпозиум. Москва.
14	1973	Принципы и критерии оценки биологического действия радиоволн. Симпозиум. Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова. Ленинград.
15	1975	Влияние магнитных полей на биологические объекты. Третий Всесоюзный симпозиум. Калининград.
16	1975	Физико-математические и биологические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха. Всесоюзный симпозиум. Ялта.
17	1977	Методические вопросы гигиенического нормирования неионизирующих излучений. Всесоюзный семинар. Москва.
18	1981	Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды. Третье советско-американское рабочее совещание. Киев
19	1982	Биологическое действие электромагнитных полей. Всесоюзный симпозиум. Институт биофизики АН СССР. Пущино.
20	1983	Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии. Всесоюзный симпозиум. Пущино.
21	1984	Воздействие ЭМП на нервную систему. Четвертое советско-американское рабочее совещание. Киев
22	1985	Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды. Пятое советско-американское рабочее совещание. Ялта
23	1986	Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. 1986 года. Пущино.
24	1987	Механизмы биологического действия электромагнитных излучений. Симпозиум. Пущино.
25	1989	Новое в гигиеническом нормировании неионизирующих излучений. Научная конференция. Военно-медицинская ордена Ленина Краснознаменная Академия. Санкт-Петербург
26	1993	Электромагнитное загрязнение окружающей среды. Конференция. Санкт-Петербург
27	1996	Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования. Первая российская конференция с международным участием. Москва.
28	1999	Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования. Нормирование ЭМП: философия, критерии, гармонизация. Вторая международная конференция. Москва

29	2002	Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования. Третья международная конференция. Москва - С.Петербург
30	2004	Сотовая связь и здоровье: Медико-биологические и социальные аспекты. Международная научно-практическая конференция. Москва

СЕССИЯ
НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В АГРО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ СОДЕРЖАНИЯ СВИНОМАТОК

Э.Б. Мирзоев, В.О. Кобялко, В.Я. Саруханов, О.А. Губина, Н.А. Фролова
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Российская Федерация,
e-mail: mirzoev.ed@yandex.ru

В технологиях содержания свиноматок с целью компенсации дефицита солнечной инсоляции использовали искусственные источники ультрафиолетового и инфракрасного излучений. Установлено, что комбинированное воздействие УФ - и ИК - излучений приводит к увеличению количества лейкоцитов в периферической крови свиноматок, стабилизирует обмен протеинов, повышает количество кальция и бактерицидную активность плазмы крови, снижает содержание малонового диальдегида при одновременном увеличении проницаемости плазматической мембраны эритроцитов периферической крови для ионов Ca^{2+}. Использование искусственных источников неионизирующего излучения УФ - и ИК - диапазонов в технологиях содержания свиноматок существенно снизило риск послеродовых осложнений и способствовало получению здорового потомства. Среди поросят, полученных от облученных свиноматок, отсутствовали заморыши и больные рахитом, а среднесуточный прирост живой массы был достоверно выше, чем в контроле.

Ключевые слова: УФ - и ИК – излучение, свиноматки, гематологические и биохимические показатели

THE USE OF NON-IONIZING RADIATIONS IN TECHNOLOGIES FOR SOWS KEEPING

E.B. Mirzoev, V.O. Kobyalko, V.Ya. Sarukhanov, O.A. Gubina, N.A. Frolova
Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russian Federation,
e-mail: mirzoev.ed@yandex.ru

In the technology of sows keeping to compensate for the lack of solar insolation artificial sources of ultraviolet (UV) and infrared (IR) radiation are used. It was found that the combined effect of UV and IR radiation leads to an increase in the number of leukocytes in the peripheral blood of sows, stabilizes protein metabolism, increases the amount of calcium and bactericidal activity of blood plasma, reduces the content of malondialdehyde while increasing the permeability of the plasma membrane of peripheral blood erythrocytes for Ca^{2+} ions. The use of artificial sources of non-ionizing UV and IR radiation in sow housing technologies significantly reduced the risk of postpartum complications and contributed to the production of healthy offspring. Among the piglets received from irradiated sows, there were no scalawags and piglets ill with the rickets, and the average daily increase in live weight was significantly higher than in the control.
Key words: UV and IR radiation, sows, hematological and biochemical parameters

Актуальность. В современных условиях рыночной экономики стимулирование роста производства продукции свиноводства направлено, с одной стороны, на импортозамещение, а, с другой, − на выполнение Доктрины продовольственной безопасности РФ [1]. Успешное развитие свиноводства зависит от уровня селекционно-генетической работы и технологии

содержания и кормления животных. Следует отметить, что одной из проблем в технологиях содержания свиней является дефицит солнечной инсоляции.

Снижение продуктивности свиней при содержании в условиях дефицита солнечной инсоляции связывают с низкой концентрацией витамина D в организме. Суточную потребность животных в витамине Д нормируют кормовыми добавками, не учитывая тот факт, что поступающий с рационом витамин D плохо усваивается в желудочно-кишечном тракте, а его эффективность значительно ниже синтезированного под действием УФ - излучения. В то же время в технологиях содержания супоросных свиноматок для компенсации дефицита солнечной инсоляции рекомендуют применение искусственных источников УФ - и ИК - излучений. Показано, что комбинированное воздействие УФ - и ИК - излучений в период супоросности свиноматок оказывает положительное влияние на их физиологическое состояние и способствует получению здорового потомства [2, 3]. Однако, длительное использование комбинированного воздействия УФ - и ИК - излучений в технологиях содержания супоросных свиноматок может оказывать негативное влияние на их организм и потомство. В связи с этим целью исследования стала оценка физиологического состояния свиноматок при комбинированном воздействии УФ - и ИК - излучений в период с 55 сут супоросности до опороса и в течение 30 сут после опороса.

Материалы и методы. Исследования были проведены на 20 супоросных свиноматках породы “Крупная белая”: Животные были разделены на 2 группы по 10 голов в каждой. 1 группа (интактные свиноматки) служила контролем. Свиноматок 2 группы в период с 55 сут супоросности до опороса и в течение 30 сут после опороса ежедневно подвергали комбинированному воздействию УФ - и ИК - излучений. Суточная доза УФ - и ИК - излучений при продолжительности воздействия 80 мин составила, соответственно, 0,646 и 35,2 кДж/м^2. Кровь отбирали из хвостовой вены свиноматок на 55-е, 85-е сут супоросности и через 30 сут после опороса.

Результаты. При оценке гематологических показателей у интактных и облученных свиноматок отмечали повышение числа лейкоцитов в периферической крови. Наиболее выраженные изменения наблюдали у облученных свиноматок, хотя различия значений показателя между животными контрольной и опытной групп были недостоверны. Количество эритроцитов в периферической крови свиноматок имело тенденцию к повышению.

Комбинированное воздействие УФ - и ИК - излучений способствовало стабилизации концентрации общего белка в плазме крови свиноматок. Напротив, у интактных животных значения показателя в зависимости от срока супоросности достоверно возрастали, что, вероятно, обусловлено концентратным типом кормления. Различия значений показателя между интактными и облученными животными были достоверны на 85-е сут супоросности и 30-е сут после опороса. Повышение содержания общего белка в плазме крови интактных животных сопровождалось снижением доли альбуминов. Достоверные различия значений наблюдали на 30-е сут после опороса. В то же время у облученных свиноматок отмечали повышение доли альбуминов на 85-е сут супоросности с последующим снижением на 30-е сут после опороса. Следовательно, облучение свиноматок стабилизировало обмен протеинов и изменяло процентное соотношение альбуминов в общей фракции.

Содержание кальция в плазме крови интактных свиноматок в течение всего периода исследования было достоверно ниже исходных данных на 55-е сут супоросности. У облученных животных снижение уровня кальция в плазме крови не наблюдали.

Определение бактерицидной и β-литической активности плазмы крови свиноматок выявило следующие особенности. Так, бактерицидная активность плазмы крови у облученных свиноматок возрастала в течение всего периода исследования, а у интактных – после опороса. Достоверные различия значений показателя между животными контрольной и опытной групп отмечали на 85-е

сут супоросности. В то же время оценка β-литической активности плазмы крови не выявила различий между группами животных и относительно исходных данных на 55-е сут супоросности.

Оценка интенсивности процесса перекисного окисления липидов в эритроцитах крови интактных и облученных супоросных свиноматок обнаружила снижение значений малонового диальдегида в течение всего периода исследования. Достоверные различия значений показателя между группами животных отмечали на 30-е сут после опороса и относительно исходных значений на 55-е сут супоросности.

Исследование проницаемости плазматической мембраны эритроцитов периферической крови свиноматок для ионов Ca^{2+} обнаружило снижение значений показателя на 30-е сут после опороса. У облученных животных, напротив, проницаемость клеток для ионов Ca^{2+} возрастала. Достоверные различия значений показателя между животными контрольной и опытной групп наблюдали на 85-сут супоросности и 30-е сут после опороса.

Оценка количества поросят у интактных и облученных свиноматок после опороса не выявила различий. Однако, среди поросят, полученных от облученных свиноматок, отсутствовали заморыши и больные рахитом, а среднесуточный прирост живой массы был достоверно выше, чем в контроле.

Выводы. Комбинированное воздействие УФ - и ИК - излучений на свиноматок в период с 55 сут супоросности до опороса и в течение 30 сут после опороса приводит к увеличению количества лейкоцитов в периферической крови, стабилизирует обмен протеинов, повышает бактерицидную активность плазмы крови, снижает содержание малонового диальдегида при одновременном увеличении проницаемости плазматической мембраны эритроцитов периферической крови для ионов Ca^{2+}. При этом среди поросят, полученных от облученных свиноматок, отсутствовали заморыши и больные рахитом, а среднесуточный прирост живой массы был достоверно выше, чем в контроле.

Список литературы

1.Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120.

2. Мирзоев Э.Б., Кобялко В.О., Иванов В.Л., Ипатова А.Г., Губина О.А., Зейналов А.А., Верховский Ю.Г. О физиологическом состоянии супоросных свиноматок при профилактическом воздействии электромагнитных излучений в области ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов // Сельскохозяйственная биология. − 2004. − № 6. − С.107-109.

3. Мирзоев Э.Б., Кобялко В.О., Зейналов А.А., Фролова Н.А., Губина О.А., Верховский Ю.Г., Анисимов В.С. О возможности применения электромагнитных излучений ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов в технологиях содержания супоросных свиноматок // Сельскохозяйственная биология. − 2008. − № 2. − С. 78-82.

УДК 539.1.047:535-31:633.162

ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО УФ ОБЛУЧЕНИЯ НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ (*Hordenum* vulgare L.)

О.А. Гусева, П.Н. Цыгвинцев, Л.И. Гончарова
Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии РФ, 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: gusevaoks65@yandex.ru

В вегетационном эксперименте исследовано влияние острого УФ (А+В) облучения в дозах 35, 70, 105 кДж/м^2 на фотосинтетический аппарат и продуктивность ячменя. Показано, что первичное воздействие УФ на растения ячменя осуществляется через повреждения ФС II, при этом со временем активность фотосистемы может восстанавливаться, но сохраняются дозозависимые и адаптивные изменения в системе тепловой диссипации света излишней интенсивности. Повреждения в ФС II приводят к снижению урожайности с увеличением дозы облучения.

Ключевые слова: УФ, острое облучение, ячмень, фотосинтез, урожайность

INFLUENCE OF ACUTE UV IRRADIATION ON BARLEY (*Hordenum vulgare* L.)

Guseva O.A., Tsygvintsev P.N., Goncharova L.I.
Russian Institute of Radiology and Agroecology, 249032 Kievskoe shosse, 109 km, Obninsk, Kaluga region, Russian Federation, e-mail: gusevaoks65@yandex.ru

The effect of acute UV (A + B) irradiation on barley photosynthesis and productivity with doses of 35, 70, 105 kJ/m^2 in a vegetation experiment was studied. It is shown that the primary effect of UV on barley plants is through PSII damage. While over time the activity of the photosystem can be restored, dose-dependent changes in the system of excessive intensity light dissipation remain. In PSII damage leads to a decrease in yield with an increase in the radiation dose.

Keywords: UV, acute irradiation, barley, photosynthesis, yield

Солнечный спектр излучения, кроме теплового и фотосинтетически активного диапазона (PAR, 400-700 нм), включает длины волн в ультрафиолетовом диапазоне: УФ-А (320-400 нм), УФ-В (280-320 нм) и в УФ-С (200-280 нм). До поверхности Земли из-за поглощения кислородом атмосферы и слоем стратосферного озона доходит только УФ-А излучение. УФ-В является незначительной составляющей в общем потоке солнечного УФ излучения (от 10 до 20%), однако по эффективности воздействия на него приходится до 80-90%. При снижении толщины озонового слоя доля УФ-В излучения возрастает и может влиять на метаболические процессы растений, такие как рост, морфологию, цветение, опыление, фотосинтез и транспирацию [1, 2]. Поэтому оценка механизмов повреждения, восстановления и защиты растений при образовании «озоновых дыр» имеет значение для понимания экофизиологической роли УФ-В излучения.

В данной работе было изучено влияние УФ (А+В) излучения на функцию фотосистемы II (ФС II) в листьях ячменя с использованием стационарной (адаптированной к свету) флуоресценции хлорофилла (ФХ), а также оценена урожайность растений в конце вегетации.

Объектом исследования был ячмень яровой (Hordenum vulgare L.) сорта «Владимир», выращенного в сосудах с воздушно-сухой дерново-подзолистой супесчаной почвой (4,5 кг), в трехкратной повторности. Плотность посева на сосуд – 13 растений. Растения в период роста стебля (34 этап по фенологической шкале по международному коду [3]) облучали тремя дозами УФ 35 кДж/м^2 (5 УФ-В и 30 УФ-А), 70 кДж/м^2 (12 УФ-В и 58 УФ-А) и 105 кДж/м^2 (18 УФ-В и 87 УФ-А), имитируя воздействие солнечной УФ радиации при различном снижении толщины озонового слоя. В качестве источника УФ-А излучения использовались лампы Black Light BLUE, а в качестве источника УФ-В излучения – лампы LER-40. Действие УФ излучения оценивали по изменению ФХ сразу после облучения и спустя 30 дней после облучения (на 34 и 51 этапах органогенеза растений). Измерение проводилось с полноценно раскрывшегося 5 листа с помощью амплитудно-импульсного флуориметра Junior-PAM (Walz Inc., Effeltrich, Germany).

Облучение ячменя сочетанием УФ (А+В) на стадии роста стебля вызывает дозозависимое снижение максимального фотохимического квантового выхода (F_v/F_m), которое при максимальной дозе 105 кДж/м^2 по отношению к контролю составило 50%. Эффект острого УФ облучения сохраняется через месяц после воздействия, у облученных растений максимальный квантовый выход на 10% ниже контроля. Это указывает на то, что нарушаются репарационные механизмы, происходящие в хлоропластах в ответ на стресс, для сохранения функций ФС II, поскольку избыточный поток УФ излучения, энергия которого не может быть реализована в фотосинтетических реакциях, считается одним из основных факторов инактивации комплексов ФС II. Схожие данные были получены в исследовании Pfundel на виноградных листьях и в работе Смоликовой на горчице черной [4, 5].

Изменения в фотохимических реакциях комплексов ФС II могут быть обусловлены физиологически восстановимыми повреждениями пластохинонов, роль которых выполняют процессы фотохимического и нефотохимического тушения флуоресценции. При максимальной дозе УФ (А+В) излучения величина фотохимического тушения (qP), измеренная сразу после облучения, на 16% выше контрольного значения. Такое повышение эффективности qP связано с акцептированием электронов реакционными центрами ФС II. С течением времени наблюдается восстановление механизма фотохимического тушения, что можно объяснить заменой поврежденного пула пластохинонов.

Также с увеличением дозы сразу после облучения повышаются значения нефотохимического тушения (qN), и данная закономерность сохраняется у растений даже спустя 30 суток после облучения. Это говорит об изменениях в механизмах тепловой диссипации при влиянии доз облучения УФ, т.е. компоненты фотосистемы II не справляется с выведением излишнего тепла из клеток листа.

Изучение влияния острого УФ облучения на морфологические параметры, такие как сухая биомасса, высота растений, масса 1000 зерен и урожайность, показали их снижение при увеличении дозы облучения. По всем показателям наблюдается снижение относительно контроля при максимальной дозе облучения. Так сухая биомасса снизилась на 28% по сравнению с контрольной величиной, высота растений – на 5%, урожай и масса 1000 зерен были ниже на 13% и 7% соответственно. Это указывает на то, что УФ излучение в дозах, превышающих естественный фон, оказывает негативное влияние на формирование и урожайность ячменя.

Таким образом, первичное воздействие УФ на растения ячменя осуществляется через повреждения ФС II, при этом со временем активность фотосистемы может восстанавливаться, но сохраняются дозозависимые и, по своему характеру, адаптивные изменения в системе тепловой диссипации света излишней интенсивности. Однако

изменения, происходящие при повреждениях компонентов ФС II, влияют на рост растений и формирование урожая зерна.

Список литературы

1. Van Rensen J.J.S., Vredenberg W.J. et. al. Time sequence of the damage to the acceptor and donor sides of photosystem II by UV-B radiation as evaluated by chlorophyll a fluorescence // Photosynth Res. – 2007. – Vol. 94. – P. 291-297.
2. Tsygvintsev P.N., Guseva O.A., Tatarova M.Yu. Effect of acute UV irradiation of barley in different stages of organogenesis on yield // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2019. – P. 1-5. – 487 012032.
3. Zadoks, J., Chang T., C. Konzak. A decimal code for the growth stages of cereals // Weed research. - 1974. – 14. - P. 415-421.
4. Pfundel E.E. Action of UV and visible radiation on chlorophyll fluorescence from dark-adapted grape leaves (Vitis vinifera L.) // Photosynth Res. – 2003. – Vol. 75. – P. 29–39.
5. Смоликова Г.Н., Лебедев В.Н. и др. Динамика фотохимической активности фотосистемы II при формировании семян *Brassica Nigra L.* // Вестник С.-Пб университета. Физиология, Биохимия, Биофизика – 2015. – Сер. 3. – Вып. 3. – С. 53-65.

ДЕЙСТВИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А.В. Лазукин[1,2], С.А. Кривов[1], Ю.А. Сердюков[1,2]
[1]ФГБОУ ВО НИУ «Московский энергетический институт», Москва, Россия,
krivovsa@mpei.ru, lazukin_av@mail.ru
[2]ФГБУН Институт физиологии растений им К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия,
ezhykron@gmail.com

Представлены результаты исследования эффекта от обработки постоянным электрическим полем семян яровой пшеницы при различных обстоятельствах положения семян в плоскопараллельной электродной системе. Сравнивались эффекты от направления электрического поля и контакта семян с электродом. Показано, что каждое из этих условий имеет влияние на ответ характеристик проростков обработанных семян. Наиболее значимый ответ наблюдался при расположении семян на положительном высоковольтном электроде.

Постоянное электрическое поле, семена пшеницы, длина побега, длина корней, напряженность электрического поля

EFFECT OF STATIC ELECTRIC FIELD ON GERMINATION OF SPRING WHEAT SEED'S

A.V. Lazukin[1,2],S.A. Krivov[1], Yu. A. Serduykov[1,2]
[1]National Research University "Moscow Power Engineering Institute",Moscow, Russia,
krivovsa@mpei.ru, lazukin_av@mail.ru
[2]Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
ezhykron@gmail.com

The results of a study of the effect of treating spring wheat seeds with a constant electric field under various circumstances of the position of seeds in a plane-parallel electrode system are presented. The effects of the direction of the electric field and the contact of the seeds with the electrode were compared. It was shown that each of these conditions has an effect on the response of the characteristics of the seedlings of the treated seeds. The most significant response was observed when seeds were placed on a positive high-voltage electrode.

Static electric field, wheat seeds, shoot length, root length, electric field strength

Влияние электрических полей (ЭП) на живые организмы рассматривается с различных сторон. Прежде всего, оцениваются негативные эффекты, которые могут оказывать источники электромагнитного загрязнения, например, линии электропередачи (в систематическом обзоре [1] дается оценка эффектам, которые могут вызвать в живой природе высоковольтные линий постоянного тока). С другой стороны существует группа высоковольтных электротехнологии, основанных именно на действии ЭП высокого напряжения на биологические объекты: электропорация, электрокоагуляция, протравление и оздоровление, модификацию ростовых процессов [2]-[7].

ЭП создается парой электродов, между которыми приложено напряжение. В случае постоянного поля (поле создаваемого постоянным напряжением) один из электродов является катодом, второй – анодом. Известно, что направление электрического поля может

оказывать влияние на результаты обработки [2], [6] в то время как обстоятельства контакта семян с электродом в литературе подробно не рассмотрены.

Обработка семян проводится в плоскопараллельной конфигурации двух электродов выполненных из алюминия, находящихся на расстоянии 1 см друг от друга. Один из электродов во всех случаях находился под высоким напряжением 3 кВ, второй был заземлен. Схемы расположения семян следующие:

- на электроде под положительным высоким напряжением (+3kV on HV),
- на электроде под отрицательным высоким напряжением (-3kV on HV),
- на заземленном электроде под положительным электродом (+3kV on GND),
- на заземленном электроде под отрицательным электродом (-3kV on GND)
- и каждый из рассмотренных вариантов (INS), но при условии изолированного расположения семян (слой полиэтилена).

Действие ЭП оценивалось по оценке морфологических характеристик трехсуточных проростков высококачественных семян мягкой яровой пшеницы сорта "Новосибирская-29" урожая 2018 г, полученных с хранения из коллекций ЦКП «Биоресурсный центр» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (Иркутск).

Семена в каждом из рассмотренных вариантов обрабатывались 10 минут. Обработанные семена проращивались трое суток в темноте в термостате (24±1°C) на двух слоях фильтровальной бумаги смоченной дистиллированной водой. На третьи сутки контролировались морфологические характеристики (длина ростка, длина индивидуальных корней) и трех суточная всхожесть (отношение количества нормально проросших семян к общему числу заложенных).

Трехсуточная всхожесть семян составила во всех экспериментах 94-98% и не демонстрировала отклика на обработку.

Прежде всего, необходимо отметить, что ответ на воздействие органоспецифичен. В случае корневой системы, только один вариант обработки дает значимые отличия не только от контроля, но и от других вариантов. Это случай контакта семян с электродом под положительным напряжением (+3kV on HV). При рассмотрении ответа ростка на обработку, реакция более разнонаправленная.

1. Сам факт нахождения семян в электрическом поле 3 кВ/см в течение 10 минут (без учета влияния обстоятельств контакта и направления вектора напряженности) не дает однозначного результата. Присутствуют варианты (+3kV on GND), (-3kV on HV), (-3kV on HV insulated), (-3kV on GND insulated) когда электрическое поле наложено на промежуток, однако, ответ по морфологии не наблюдается.
2. В случае «Восходящей» напряженности - когда семена лежат либо на отрицательном электроде, который под потенциалом, либо на заземленном электроде, когда верхний электрод под положительным потенциалом наблюдается не достоверная (достоверно только в случае «+3kV on HV insulated») стимуляция ростка.
3. В случае «Нисходящей» напряженности - когда семена лежат либо на положительном электроде, который под потенциалом, либо на заземленном электроде, когда верхний электрод под отрицательным потенциалом почти во всех случаях (-3kV on GND, +3kV on HV insulated, +3kV on HV) наблюдается стимуляция ростка, кроме режима «-3kV on GND insulated».
4. При отсутствии контакта семян с электродом (режимы «insulated») эффект всегда оказывается менее выраженным, чем в парном режиме, когда есть контакт. Обратная ситуация наблюдается только в режиме, когда семена контактируют с заземленным

электродом, а верхний электрод под положительным потенциалом (режимы «+3kV on GND» и «+3kV on GND insulated»).

5. При контакте семян непосредственно с высоковольтным анодом, находящимся под потенциалом (+3kV on HV) наблюдается значимая стимуляция длины ростка. В плане сочетаний направление поля/напряженность у этой комбинации условий существует «дублер», когда семена лежат на заземленном электроде, а верхний электрод выступает в роли катода (-3kV on GND). В дублирующем режиме также наблюдается стимуляция длины ростка.
6. При контакте семян с высоковольтным катодом, находящимся под потенциалом (3kV on HV) не наблюдается отличий от контроля, так же и в дублирующем случае (-3kV on GND).

По полученным результатам можно проследить связь между ответом морфологических характеристик при воздействии ЭП, в различных вариантах его наложения на семена. Однако, накопленная статистика демонстрирует не состоятельность отличий некоторых вариантов, где эффекта стоило ожидать. Например, в случаях парных режимов отличающихся только тем, заземлен электрод или находится под потенциалом, что на первый взгляд обеспечивается равнозначность условий воздействия по всем критериям. Вероятно, при соблюдении в исследовании условии умеренной напряженности электрического поля и достаточно короткой (для эффектов от постоянного поля) экспозиции, ответ морфологических характеристик яровой пшеницы оказался не столь ярким.

В дальнейшем предполагается провести исследование для больших экспозиций семян в электрическом поле, рассмотреть ответ семян различных культур и оценить влияние контактного сопротивления электрода, на котором расположены семена.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда №18-76-10019

Список литературы

1. Kristina Schmiedchen , Anne-Kathrin Petri, Sarah Driessen, William H. Bailey. Systematic review of biological effects of exposure to static electric fields. Part II: Invertebrates and plants. Environmental Research 160 (2018) 60–76
2. G. Atungulu, Y. Nishiyama, S. Koide. Respiration and climacteric patterns of apples treated with continuous and intermittent direct current electric field. Journal of Food Engineering 63 (2004)
3. Chi-En Liu, Wen-Ju Chen, Chao-Kai Chang, Po-Hsien Li, Pei-Luen Lu,Chang-Wei Hsieh. Effect of a high voltage electrostatic field (HVEF) on the shelf life of persimmons (Diospyros kaki). LWT - Food Science and Technology 75 (2017) 236-242
4. Mohsen Dalvi-Isfahan, Nasser Hamdami, Alain Le-Bail, Epameinondas Xanthakis. The principles of high voltage electric field and its application in food processing: A review. Food Research International 89 (2016) 48–62
5. Bahar Mahmood, Sojoodi Jaleh, and Yasaie Yasaman. Study of DC and AC electric field effect on Pisum sativum seeds growth. Eur. Phys. J. Appl. Phys. (2014) 67: 11201
6. Takamasa Okumura, Yuji Muramoto and Noriyuki Shimizu Polarity Effect on Growth Acceleration of Arabidopsis Thaliana by DC Electric Field 2013 IEEE International Conference on Solid Dielectrics, Bologna, Italy, June 30 – July 4, 2013
7. KOVALYSHYN STEPAN, KOVALYSHYN OLEKSANDA. 2018. Improvement of the Efficiency of Perennial Seed Mixtures Separation on a Drum Vibro Electric Separator. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 66(5): 1157 – 1164.

ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Петрухина Д.И., Горбатов С.А., Шестериков А.Ю., Тихонов В.Н., Иванов И.А., Тихонов А.В.
Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии
249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км,
e-mail: v.n.tihonov@yandex.ru

Значительный интерес к разработке и внедрению технологий низкотемпературной неравновесной плазмы атмосферного давления связан с открывающимися новыми возможностями применения аргоновой плазмы в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Источниками этой плазмы являются электрические разряды атмосферного давления (коронный, диэлектрический барьер, тлеющий и искровой разряды, плазменные струи), которые отличаются характерными свойствами и областями применения. В обзоре рассматриваются плазменные технологии, предлагаемые к использованию в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: плазма, нетепловая плазма, плазменные технологии

PLASMA TECHNOLOGY IN AGRICULTURE AND FOOD INDUSTRY

Petrukhina D., Gorbatov S., Shesterikov A., Tikhonov V., Ivanov I., Tikhonov A.
Russian Institute of Radiology and Agroecology
Kiev highway, 109th km, Obninsk, Kaluga Region, 249032, Russia
e-mail: v.n.tihonov@yandex.ru

Non-thermal atmospheric plasma (NTAP) have received wide attention of the agriculture and food industry applications. NTAP can be generated using a diversity of electrical discharges (corona-, dielectric barrier-, gliding arc-, glow- and spark discharge, plasma jet), all having their own characteristic properties and applications in diverse scientific and industrial areas. The literary overview of the plasma technologies offered for the agro-industrial complex is presented in the article.

Keywords: plasma, non-thermal plasma, plasma technologies

Вещество может находиться в четырех агрегатных состояниях – твердом, жидком, газообразном и в виде плазмы. Это зависит от температуры, а именно от величины кинетической энергии теплового движения составляющих вещество микрочастиц, от их тепловых колебательных движений, упорядоченности их расположения. Плазма является частично или полностью ионизированным газом, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически равны. Таким образом, чтобы газ перешёл в состояние плазмы, его необходимо ионизировать. Повышение температуры является одним из способов ионизации газа [1].

Плазма подразделяется на высокотемпературную (изучаемую для термоядерного синтеза) и низкотемпературную плазму с температурой менее 1 млн. ºК. Высокотемпературная плазма, как правило, является равновесной, с одинаковой температурой ионов и электронов. А в неравновесной низкотемпературной плазме электронная температура значительно выше температуры ионов. Из-за существенного различия по массе электроны не могут эффективно передавать молекулам, атомам и ионам

газа кинетическую энергию, полученную от внешнего источника электрического поля. Но в молекулярном газе атмосферного давления электроны могут переносить свою энергию на молекулярные состояния (вращательные, колебательные) более тяжелых частиц, поскольку энергетические уровни этих состояний молекул намного ниже, чем энергия их ионизации. В плазме молекулярного газа большая часть энергии свободных электронов переходит в возбужденные состояния частиц, и это приводит к высокой реакционной способности молекул и радикалов. Таким образом, плазма представляет собой смесь возбужденных и невозбужденных, ионизированных и нейтральных атомов и молекул газа, а также свободных электронов и квантов электромагнитного излучения [1].

Низкотемпературную плазму несложно генерировать при пониженном давлении (10-15 % от атмосферного) и ее широкое применение началось в 70-х гг. XX в. с компьютерной индустрии [1]. Такая плазма применялась и для обеззараживания семян при хранении, а также для улучшения прорастания семян растений. Согласно литературным данным, обработка плазмой способствовала увеличению процента всхожести семян (зерновых, бобовых, капустных, а также семян деревьев) [2, 3].

Для плазмы низкого давления требуются вакуумная камера и насосы, что приводит к высокой стоимости обработки. Благодаря достижениям в развитии технологий получения низкотемпературной плазмы атмосферного давления была устранена необходимость использовать дорогое вакуумное оборудование. Кроме того, плазма низкого давления не подходит для непрерывной обработки продуктов, транспортируемых на конвейерных лентах, а также поскольку не все продукты могут быть обработаны в вакууме [1-3].

В настоящее время наблюдается развитие новых технологий в области применения неравновесной низкотемпературной плазмы атмосферного давления – Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasmas, NTAP-плазмы, в которой температура ионов не превышает нескольких десятков градусов Цельсия. Такую «холодную» плазму возможно использовать для низкотемпературной энергосберегающей плазмохимии и для обработки термочувствительных материалов, таких как полимеры и биологические ткани [1-3].

На 1-ом Международном семинаре по использованию плазменных технологий в сельском хозяйстве IWOPA-1 (2016) было представлено более 50 докладов по 6-ти направлениям использования плазмы: безопасность пищевых продуктов (Food safety), прорастание и всхожесть (Germination), рост растений (Plant growth), урожайность растений (Plant yield), устойчивость растений к патогенам (Pathogen resistance of plants), хранение и транспортировка продуктов питания (Food storage and transportation).

На 2-ом Международном семинаре IWOPA-2 (2018), было уже 17 секций по таким направлениям применения плазмы как: уничтожение опасных отходов, преобразование отходов в энергию с использованием плазмы, фиксация атмосферного азота в воде для использования в качестве удобрения, уменьшение инвазии патогенов в почвах и/или в жидкостях; очистка воздуха, стерилизация и удаление летучих органических соединений; удаление этилена из воздуха для снижения скорости старения плодов; обеззараживание семян при хранении, улучшение прорастания семян и/или роста растений; обработка, стерилизация и очистка воды, используемой для мытья продуктов; дезинфекция продуктов перед упаковкой и др.

В результате анализа представленных докладов можно выделить основные направления проводимых в настоящее время исследований: плазмотроны (Plasma jets), взаимодействие плазмы с жидкостью (Plasma-liquid interactions), нетепловая плазма атмосферного давления (NTAP) [1].

Плазменная струя атмосферного давления генерируется с помощью плазмотрона. Первоначально их получали с помощью электродуговых разрядов постоянного и

переменного тока. В настоящее время они имеют широкое применение в промышленности. Дуговые плазмотроны имеют высокую мощность (до нескольких МВт) и температуру струи на срезе сопла (3000-25000 ºК), однако генерируемая плазма неизбежно загрязняется материалом электродов вследствие их эрозии. Получить плазму, не контактирующую с элементами плазмотрона, стало возможно с появлением ламповых генераторов и использованием индукционного разряда высокой частоты (от 60 кГц до 60 МГц). Разряд стал изолированным от электродов и стенок разрядной камеры. Современные индукционные плазмотроны тоже имеют высокую мощность (несколько сотен кВт) [1]. Благодаря использованию сверхвысокочастотных (СВЧ) плазмотронов стало возможным применение чистого безэлектродного разряда с удобным подведением электромагнитной энергии по волноводным или коаксиальным фидерным линиям [1]. Разработан аппарат для получения низкотемпературной плазмы, позволяющий работать как с «термальной» плазмой атмосферного давления (СВЧ плазмотрон мощностью до 3 кВт), так и с «нетермальной» (NTAP-плазма) [4].

Областью использования «термальной» плазмы являются, например, фиксация атмосферного азота, производство жидкого био-топлива и другие технологии, требующие высоких температур и значительных энергий. Все остальные направления применения плазменных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, перечисленные на Международных семинарах (IWOPA-1 и 2), связаны с использованием т.н. «холодной» плазмы или «нетепловой плазмы» (NTAP-плазма). Согласно литературным данным, изучается возможность обработки поверхностей плазмой, с целью их модификации, как у семян для повышения всхожести, так и поверхностей биополимеров, например пищевого крахмала, для улучшения его функциональных свойств. Проводятся исследования, направленные на уничтожение микроорганизмов или разрушение их активных структур. Обработка проводится как в газовой фазе, так и в жидкой, непосредственно облучая плазмой образцы в сухих условиях и в жидкостях, соответственно [2, 3].

NTAP-плазма характеризуется довольно малой степенью ионизации (до 1 %), однако имеет типичные свойства плазмы, а именно, обладает высокой электропроводностью и взаимодействует с внешними электромагнитными полями. Ионизацию плазмы чаще всего проводят электрическими полями, которые ускоряют электроны, что приводит к ионизации атомов. Источниками NTAP-плазмы являются: коронный разряд, тлеющий разряд, диэлектрический барьерный разряд и нетепловая плазменная струя [1]:

Коронный разряд образуется, если электрическое поле вокруг проводника сильно неоднородно, тогда в воздухе происходит ионизация со свечением и проводник при этом окружен «короной». Ионизационные процессы происходят только вблизи коронирующего электрода, свечение короны не достигает противоположного электрода, а затухает в окружающем газе. В зависимости от коронирующего электрода выделяют отрицательную и положительную корону, а в зависимости от способа питания — корону постоянного и переменного тока, импульсную и др. Этот разряд широко применяется для очистки газов от пыли и сопутствующих загрязнений (например, в электростатических фильтрах), в озонаторах, в копировальных аппаратах и в лазерных принтерах. *Тлеющий разряд* обнаруживается на одном из электродов (катоде), при этом образуется «тлеющее свечение». Разряд поддерживается электронной эмиссией с катода под действием ударов положительных ионов и фотоэлектронной эмиссии. Тлеющий разряд в потоке газа наиболее важен для практического применения, поскольку поток газа, проходя через разряд, ионизуется, и плазма выносится потоком за пределы электродной системы. Чтобы улучшить устойчивость плазмы как *тлеющего*, так и *коронного* разрядов, ионизацию производят с помощью быстро повторяющихся коротких импульсов высокого напряжения.

Диэлектрический барьерный разряд (DBD) хорошо подходит для обработки обширных поверхностей. Его применяют, например, для дезинфекции продуктов перед упаковкой, некоторых продуктов в упакованном виде – в пластиковом контейнере или пакете, а также для стерилизации разделочных досок, ножей и другого оборудования в пищевой промышленности. *Плазменные струи* представляют собой тонкую струю нетермальной плазмы на основе маломощного (несколько десятков Вт) разряда в аргоне или в гелии. Тонкая стабильная струя плазмы длиной до нескольких сантиметров обычно используется для прямой обработки объектов. Это наиболее применяемые в настоящее время источники плазмы, используемые в медицине. Отмечается, что струи плазмы благородных газов не так реактивны, как воздушные, а потому интересным является изучение возможностей применения смеси благородного газа с небольшим процентом реактивных газов (O_2, CO_2, N_2 или воздуха) [1].

Количество опубликованных статей по применению нетермальной плазмы в сельском хозяйстве начиная с 2010 г. постоянно увеличивается. Наибольший процент статей касается де-контаминации, прорастания семян, улучшения роста растений. Остальные статьи относятся к разработке плазменных аппаратов и другому применению, например удалению летучих химических соединений, восстановлению почвы, а также медицинскому применению, прежде всего в стоматологии, а также для удаления биопленок [3].

Список литературы

1. Тихонов В.Н., Алешин С.Н., Иванов И.А., Тихонов А.В. Плазменные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: Сборник докладов международной научно-практической конференции. 2018. С. 307-310.
2. Puač N., Gherardi M., Shiratani M. Plasma agriculture: A rapidly emerging field // Plasma Processes and Polymers. 2017. Vol. 15. P. e1700174.
3. Ito M., Oh J.-S., Ohta T., Shiratani M., Hori M. Current status and future prospects of agricultural applications using atmospheric-pressure plasma technologies // Plasma Processes and Polymers. 2017. Vol 15. P. e1700073.
4. Тихонов В.Н., Иванов И.А., Крюков А.Е., Тихонов А.В. Бюджетные генераторы для микроволновых плазмотронов // Прикладная физика. 2015. № 5. С. 102-106.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО УФ И СВЧ ОБЛУЧЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ПАРШОЙ

П.Н. Цыгвинцев, А.В. Тихонов, В.Н. Тихонов, И.А. Иванов
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
г. Обнинск, Россия, rirae70@gmail.com

Результат предпосевного облучения картофеля зависит как от вида облучения (УФ, СВЧ), так и от фитопатогена. Облучение клубней СВЧ в дозах свыше 20кДж/м^2 приводит к снижению как распространенности, так и степени развития парши обыкновенной на клубнях нового урожая на 20-30%. Предпосевное УФ облучение в дозах свыше 10 кДж/м^2, приводит к снижению как распространенности, так и степени развития и парши обыкновенной и парши серебристой на клубнях нового урожая на 20-30%.

Ключевые слова: картофель, УФ, СВЧ, парша обыкновенная, парша серебристая

INFLUENCE OF PRE-SEEDING UV AND MICROWAVE IRRADIATION OF POTATOE TUBER ON THE PATHOGENES

P.N. Tsygvintsev, A.V. Tikhonov, V.N. Tikhonov, I.A. Ivanov
Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia, rirae70@gmail.com

The result of presowing irradiation of potatoes depends both on the type of exposure (UV, microwave), and on the pathogen. Irradiation of microwave tubers in doses above 20 kJ / m^2 leads to a decrease in both the prevalence and the degree of development of common scab on tubers of a new crop by 20-30%. Presowing UV irradiation in doses of more than 10 kJ / m^2 leads to a decrease in both the prevalence and the degree of development of common scab and silver scurf on tubers of a new crop by 20-30%.

Keywords: potato, UV, microwave, common scab, silver scurf

В настоящее время в России насчитывается около 30 наиболее распространенных болезней картофеля, ежегодные потери урожая от которых составляют от 10 до 60 %. Богатые углеводами и водой ботва и клубни представляют собой благоприятную среду для развития самых разных возбудителей заболеваний и вредителей. Важной особенностью картофеля является и то, что вследствие вегетативного размножения большинство поражающих его болезней передается через семенные клубни, которые и являются первичным источником инфекции для последующего заражения посадок.

Увеличение производства агропромышленной продукции и улучшение ее качества являются одной из важнейших задач обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, решение которой невозможно без внедрения технологий, обеспечивающих рост производства продукции, снижение потерь при ее хранении и переработке.

Применение физических методов в агропромышленном производстве в последнее время находит все более широкое распространение[1-3]. Это обусловлено стремлением к снижению уровня химизации сельского хозяйства и потребностью получения продукции без применения пестицидов и гербицидов. Выбор из большинства физических методовсильно ограничивается стоимостью, доступностью и сложностью в использовании, поэтому

изначально выбирались доступные и простые в использовании физические факторы: УФ и СВЧ излучения.

В исследовании были использованы клубни картофеля сорта «Сантэ», которые отбирались согласно ГОСТ 7001-66 по массе от 35 до 100 г (стандарт 1 класса) и по степени развития болезней в 80-90% в институте картофелеводства им. Лорха.

В исследовании были рассмотрены два фитопатогена:

Обыкновенную паршу картофеля вызывают актиномицетов (лучистые грибы) вида Streptomyces scabies, а также несколько других видов рода Streptomyces. Парша картофеля распространена во всех зонах картофелеводства. Основные факторы развития — погодные и почвенные условия и уровень агротехники. [4]

Паршá серебрúстая — грибковое заболевание, вызываемое грибами Helminthosporium solani (синонимы Spondylocladium atrovirens, Helminthosporium atrovirens). Грибница возбудителя распространяется только в клетках кожуры клубня картофеля. Болезнь широко распространена. Вредоносность парши серебристой в основном отражается на семенных качествах картофеля. [4]

В качестве источников бактерицидного ультрафиолетового излучения использовались без озоновые лампы низкого давления фирмы Philips типа TUV-75, излучающие ультрафиолет С с максимумом на 254 нм, бактерицидный поток одной лампы – 20 Вт. Количество ламп – 20 шт. Облучение происходило на расстоянии 0,2 м, при рассчитанной мощности облучения по центру ~ 148 Вт/м^2, по краю ~ 76 Вт/м^2. Равномерность облучения всей поверхности клубня обеспечивалась роликовым транспортером, на котором монтировалась УФ-камера.

Для обработки клубней электромагнитным СВЧ полем в качестве источника использовался СВЧ генератор не модулированного микроволнового поля частотой 2,45 гГц мощностью 0,4 - 2 кВт на базе магнетрона ОМ-75 с рупорным излучателем. Рассчитанная мощность потока СВЧ излучения по центру: ~ 100 мВт/см^2. Высота рупора над роликовым транспортером 0,5 м.

Равномерность облучения СВЧ полем картофеля контролировалось тепловизором SDS HotFind-LT, после обработки клубней СВЧ полем в экспозиционной дозе 10 кДж/м^2 не присутствовали неравномерности температурного поля как на поверхности клубня так и на срезе.

Изучение влияния предпосевного ЭМИ на рост, развитие, зараженность фитопатогенами, урожай проводили в условиях мелкоделяночных полевых экспериментов на поле ФГБНУ ВНИИРАЭ. Повторность опытов 3-х кратная. Размещение повторностей проводили рандомизировано. Площадь учетной делянки 12 м^2. Агротехника возделывания картофеля общепринятая для данного региона [5].

После уборки в поле и хранения клубней при температуре 6-8 °С в течение 6 месяцев, проводили анализ клубней полученного урожая на пораженность клубней фитопатогенами в институте картофелеводства им. Лорха.

Обобщая результаты трехлетних полевых экспериментов, можно отметить, что результат воздействия предпосевного ЭМИ на картофель зависит как от характера облучения, так и от вида фитопатогена.

Так, например, при предпосевном облучении клубней СВЧ в дозах свыше 20 кДж/м^2, отмечается достоверное ($p<0.05$) в сравнении с контролем снижение как распространенности, так и степени развития фитопатогена на клубнях нового урожая на 20-30%. На паршу серебристую предпосевное облучение клубней СВЧ не оказывает такого действия. В то же время, предпосевное УФ облучение в дозах свыше 10 кДж/м^2, приводит к достоверному ($p<0.05$) в сравнении с контролем снижению как распространенности, так и

степени развития и парши обыкновенной и парши серебристой на клубнях нового урожая на 20-30%.

Предпосевное ЭМИ облучение клубней картофеля, пораженного различными фитопатогенами, не оказало достоверного изменения урожайности относительно контроля, кроме СВЧ в 40 кДж/м^2, которое с достоверностью ($p<0,1$) увеличило урожайность на 11% на клубнях пораженных паршой серебристой.

Таким образом, результат воздействия предпосевного ЭМИ на картофель зависит как от характера облучения (УФ, СВЧ), так и от вида фитопатогена. По результатам мелкоделяночных полевых экспериментов установлено, что при предпосевном облучении клубней СВЧ в дозах свыше 20кДж/м^2, отмечается достоверное ($p<0.05$) в сравнении с контролем снижение как распространенности, так и степени развития фитопатогена на клубнях нового урожая на 20-30%. На паршу серебристую предпосевное облучение клубней СВЧ не оказывает такого действия. В то же время, предпосевное УФ облучение в дозах свыше 10 кДж/м^2, приводит к достоверному ($p<0.05$) в сравнении с контролем снижению как распространенности, так и степени развития и парши обыкновенной и парши серебристой на клубнях нового урожая на 20-30%. Предпосевное ЭМИ облучение клубней картофеля, пораженного различными фитопатогенами не оказало достоверного изменения урожайности относительно контроля, кроме СВЧ в 40 кДж/м^2, которое с достоверностью ($p<0,1$) увеличило урожайность на 11% на клубнях пораженных паршой серебристой.

Список литературы

1. A.A. Khalafallah, Samira M. Sallam Response of maize seedlings to microwaves at 945 MHz // Romanian J. Biophys., 2009, V. 19, № 1, P. 49–62.

2. Васильев А. В. Энергосберегающие электротехнологии сушки и предпосевной обработки зерна активным вентилированием. Автореф. диссер. на соискание уч. степени доктора технич. наук. Москва, 2009, 42 с.

3. Wilson C.L., EI Ghaouth A., Chalutz E. et al. Potential of lnduced Resistance to Control Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables // Plant Diseases. 1994. V. 78(9). P. 837-844.

4. Иванюк В.Г., Бусько И.И., Журомский Г.К., Калач В.И. Виды парши картофеля в Беларуси и особенности их проявления. Минск, 2004.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХРАНЕНИЕ И ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ

С. О Гапоненко[1], А. В. Бардюкова[1], Т. И. Милевич[1], В. П. Герасименя[2].
[1]Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Республика Беларусь, г. Гомель, Федюнинского, 4, 246007.
E-mail: ma2856@mail.ru
[2]ООО «Инбиофарм», Россия, 105264, г. Москва, ул. Папковая 10-Я, 18.

В статье рассмотрено влияние неионизирующего низкоинтенсивного переменного электромагнитного излучения на покоящиеся семена ячменя разных сортов при их длительном хранении и последующем проращивании. Определены важнейшие ферменты в облученных и пророщенных семенах ячменя.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, ячмень, ферменты

INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON STORAGE AND GROWTH OF SEEDS OF BARLEY

S.O. Gaponenko[1], A.V. Bardyukova[1], T. I. Milevich[1], V.P. Gerasimenya[2].
[1]Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus.
ma2856@mail.ru
[2]“Inbiopharm” Ltd., Russia, Moscow, st. Papkovaya 10-I, 18.

The article considers the influence of non-ionizing low-intensity alternating electromagnetic radiation on dormant barley seeds of different varieties during their long-term storage and subsequent germination. The most important enzymes in irradiated and germinated seeds of barley have been identified.

Keywords: electromagnetic radiation, barley, enzymes.

Введение. Ячмень является распространенным сырьем: его используют для производства безалкогольной и алкогольной продукции, как техническую и кормовую культуру. В связи с этим, сохранность собранного урожая и качество посевного материала играют важную роль в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Получение высококачественной продукции обеспечивается соблюдением норм и требований по сбору, транспортировке, хранению и переработке пищевой продукции. При неправильном хранении семян их всхожесть снижается, что будет неблагоприятно сказываться на качестве производимой из такого сырья продукции. При использовании таких семян в качестве посадочного материала урожайность будет снижена.

Исследования в области воздействия на растения электромагнитного излучения показали, что данный вид излучения является стимулирующим фактором физической природы, который при определённых режимах обработки семян даёт ощутимый положительный эффект [1-2].

Цель работы. Целью работы было изучение особенностей влияния неионизирующего низкоинтенсивного переменного электромагнитного излучения на морфологические и биохимические характеристики покоящихся и прорастающих семян ячменя различных сортов при их длительном хранении и последующем проращивании.

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны сорта ячменя «Бровар» и «Радимич». Семена сорта «Бровар» были урожая 2012 года, семена сорта «Радимич» - 2017 года Источником электромагнитного излучения была установка – комплект защиты и

активации роста сельскохозяйственных культур малогабаритный (КЗАРМ) «Зелёные волны», который является усовершенствованной моделью установки КЗАР «Аэротон» [3] .

Электромагнитное поле, генерируемое КЗАРМ, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 5 Гц до 400 кГц. КЗАРМ «Зелёные волны» формирует микроклимат с помощью слабого электромагнитного поля, создаваемого электронным генератором импульсов с заданной периодичностью во времени и пространстве и с определенной направленностью, определяемой волноводами.

Семена облучались 21 и 105 дней. Облучение семян проводилось круглосуточно, 24/7.

Определение всхожести семян. Подготовка материала для анализа

Семена облучались в течение 21 и 105 дней.

После облучения семена проращивали в чашках Петри в течение трёх дней. По истечении трех дней у семян определяли всхожесть по ГОСТу [4].

После семена высушивались при комнатной температуре. Высушенные семена перемалывали в муку для дальнейшего анализа.

Методика определения активности каталазы

Определение активности каталазы проводили методом титрометрии. Количественное определение каталазы основано на учете неразложившейся перекиси водорода путем титрования её перманганатом калия [6].

Методика определения активности пероксидазы

После пробоподготовки измерение проводили на КФК-2. Использовали кварцевые кюветы (2см). Измерение производят при красном светофильтре [5].

Методика определения содержания аскорбиновой кислоты

Определение содержания аскорбиновой кислоты проводи с помощью титрометрического метода [5].

Полученные результаты

Всхожесть

Всхожесть опытной партии семян сорта «Бровар» после 21-дневного облучения показала положительную тенденцию, и составила 65,7 и была выше, чем всхожесть контрольной группы – 62,1. После 105-дневного облучения Всхожесть опытной партии семян сорта «Бровар» была 79, тогда как всхожесть контрольной группы была 71%.

Всхожесть опытных семян сорта «Радимич» после 21-дневногооблучения составила и 30,44% у опытной группы, и 29,66% у контрольной. После 105 дней облучения всхожесть опытных семян сорта «Радимич» составила 35,3%, контрольная группа показала всхожесть 28,1%.

Активности каталазы. Активность каталазы контрольного зерна сорта «Бровар» после 21-дневного облучения составила 92,80 Е*, тогда как в опытных семенах активность каталазы составила 120,96 Е. После 105-дневного облучения активность каталазы контрольного зерна сорта «Бровар» составила 109,22 Е, опытной группы - 135,58 Е.

Активность каталазы контрольного и опытного зерна сорта «Радимич» после 21-дневного облучения составила 63,11 Е и 65,88 Е соответственно. После 105-дневного облучения активность каталазы контрольного и опытного зерна составила 139,40 Е и 102,51 Е соответственно. *Активность каталазы выражали в микромолях перекиси водорода, разложившейся под действием фермента за 1 минуту в расчете на 1 гр. исследуемого материала.*

Активность пероксидазы. Активность пероксидазы после 21 дня облучения составила 0,045 у.е./мг контрольного зерна сорта «Бровар», тогда как в опытных семенах активность каталазы составила 0,046 у.е./мг. Активность каталазы контрольного и опытного

зерна сорта «Радимич» была 0,031 у.е./мг и 0,039 у.е./мг соответственно.

Активность пероксидазы после 105 дней облучения у сорта «Бровар» была на уровне контрольных значений, и составила 0,044 у.е./мг. Сорт «Радимич» показал снижение активности фермента у опытных образцов – 0,019 у.е./мг, по сравнению с контрольными значениями - 0,022 у.е./мг.

Содержание аскорбиновой кислоты. Количественное содержание аскорбиновой кислоты в контрольных семенах сорта «Бровар» после 21 дня облучения было 0,0142 мг, в опытной партии 0,0173 мг. После 105 дней облучения - 0,0198 мг в контрольной партии, и 0,0233 мг в опытной.

Содержание аскорбиновой кислоты в контрольных семенах сорта «Радимич» 0,0146 мг, в опытных – 0,0161 мг. После 105-дневного облучения концентрация аскорбиновой кислоты в контроле была 0,0264 мг, в опытных образцах - 0,0211 мг.

Заключение

В ходе выполнения этапов исследования были получены следующие промежуточные результаты:

1. Установлено, что непродолжительное облучение семян низкоинтенсивным, направленным электромагнитным излучением в течение 21 дня положительно влияет на всхожесть семян. Также при непродолжительном облучении (21 день) у всех наблюдаемых сортов отмечалось повышение активности исследуемых ферментов и биологически активных веществ.

2. Было установлено, что более продолжительное облучение (105 дней) повышает всхожесть семян. Эти показатели были выше показателей контрольных групп обоих сортов. Показатели биологически активных веществ разнились.

Список литературы

1.Влияние электромагнитного и ионизирующего излучения на прорастание ячменя / Н. В. Шамаль [и др.] // Радиобиология = Radiobiology: минимизация радиационных рисков : материалы междунар. науч. конф. (29–30 сент. 2016, г. Гомель) / редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ин-т радиологии, 2016. – 270 с.

2.Гапоненко, С. О. Действие электромагнитного излучения на растения / С. О. Гапоненко // Современные проблемы экспериментальной ботаники: материалы 1 Международной научной конференции молодых учёных, приуроченной Году науки в Республике Беларусь (г. Минск ,27-29 сентября 2017г,) / Национальная академия наук Беларуси; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси». – Минск: Колоград, 2017. – С. 175-178.

3.Способ коррекции функционального состояния биологического объекта и устройство для его осуществления: пат. 2201665 Рос. Федерация : МПК [7] A01G7/04. Способ коррекции функционального состояния биологического объекта и устройство для его осуществления. / ГерасименяВ.П., СоболевЛ.А., Кундик В.А..; заявитель и патентообладатель Герасименя Валерий Павлович, Соболев Леонид Александрович – № 2000132151/13, , заявл. 22.12.2000; опубл. 10.04.2003

4.ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 01.07.86. – М., ИПК Издательство стандартов,1984.– 64с.

5.Методы биохимического исследования растений. / под ред. д-ра биол. наук А. И. Ермакова.- изд. 2-е, перераб. и доп. Л.,«Колос» Ленингр. отд-ние 1972 - 456с.

6.Владимирова Е. Г. Биохимия. Методические указания к лабораторному практикуму. / Е. Г. Владимирова, Г. И. Ушакова, О. П. Кушнарева. – М.: Оренбург, 2004 – 62с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований, договор №Б18М-119, от 30 мая 2018 года.

МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ АГРО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Тихонов В.Н., Иванов И.А., Тихонов А.В.
Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии
249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км,
e-mail: v.n.tihonov@yandex.ru

Во ВНИИ Радиологии и Агроэкологии (г. Обнинск) ведутся работы практически по всем возможным направлениям использования микроволнового излучения в решении задач агропромышленного комплекса. Многие из законченных разработок используются в производстве либо применяются при проведении опытных работ.

Ключевые слова: микроволновое излучение, СВЧ технологии

THE USE OF MICROWAVE RADIATION IN AGRICULTURAL TECHNOLOGIES

Tikhonov V., Ivanov I., Tikhonov A.
Russian Institute of Radiology and Agroecology
Kiev highway, 109th km, Obninsk, Kaluga Region, 249032, Russia
e-mail: v.n.tihonov@yandex.ru

Research Institute of Radiology and Agroecology (Obninsk) is working on almost all possible areas of use of microwave radiation in solving problems of agriculture. Many of the completed developments are used in production or used in experimental work.

Keywords: microwave radiation, microwave technology

Электромагнитное воздействие в решении задач агропромышленного комплекса можно разделить на три большие класса [1]:

Во-первых, это воздействие на живые организмы, вегетирующие растения и природные комплексы (биоты) в их естественных условиях обитания и произрастания или в условиях их использования в сельском хозяйстве. Здесь имеется в виду «естественное», как правило, хроническое или периодическое облучение от внешних источников, не связанных непосредственно с сельскохозяйственным производством или природопользованием.

Во-вторых, это намеренное воздействие на посадочный и семенной материал с целью его оздоровления, повышения продуктивности или снижения потерь при хранении. По отношению к животноводству и птицеводству это может быть групповое (профилактическое) или индивидуальное (ветеринария) облучение с целью оздоровления, повышения продуктивности и снижения падежа животных и птиц. Сюда же, с некоторыми оговорками, следует отнести и использование мутагенного действия электромагнитного излучения. По отношению к животноводству это может быть, например, облучение яиц при инкубации.

И, наконец, в-третьих, – это прямое использование энергии электромагнитного излучения в технологических процессах производства, переработки и хранения продукции сельского хозяйства.

Наименее затратными могли бы оказаться энергосберегающие технологии с использованием электромагнитных излучений нетепловых уровней. Однако такое воздействие не является столь бесспорным как тепловое действие микроволн. Сказать что-либо вполне определенное о природе специфического действия микроволн на основании имеющихся материалов трудно, однако данные, подтверждающие действие СВЧ поля без

нагрева, существуют. Они были получены из наблюдений за реакциями целостных организмов на воздействие микроволн небольшой интенсивности [2, 3].

Механизм диэлектрического нагрева материалов СВЧ-энергией основан на явлении диэлектрической поляризации – перемещении в некоторых ограниченных пределах связанных электрических зарядов – диполей. Под действием внешнего электромагнитного поля в материале происходит их колебательное движение и переориентация, в результате которых происходит нагрев материала. Вызывая нагревание среды с высокой скоростью нарастания температуры, СВЧ-излучение действует губительно на микроорганизмы. При этом основной причиной гибели микроорганизмов является повреждение клетки под влиянием высоких температур. Повышение температуры за пределы максимальной для их жизнедеятельности вызывает ускорение биохимических реакций в клетке, нарушение проницаемости клеточных оболочек, повреждение термочувствительных ферментов. Это влечет за собой расстройство жизненно важных процессов метаболизма в клетке, свертывание (денатурация) белков клетки и ее гибель. Большинство вегетативных форм бактерий погибает при температурах свыше 60°С [1].

В технологиях тепловой обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственной продукции находит применение СВЧ-излучение в выделенных для этого диапазонах частот: 430, 915 и 2450 МГц. Первые два из них (длина волны 70 и 32 см соответственно) характеризуются максимальной единичной мощностью генераторов (сотни и десятки кВт соответственно), большой глубиной проникновения и высокой равномерностью поля по объему материала. Однако высокая стоимость мощных промышленных СВЧ генераторов и дефицитность запчастей к ним, необходимость высококвалифицированного обслуживания и жесткие требования к качеству питающей электросети показывают сомнительность перспектив массового их применения в текущей реальности нашего агропромышленного комплекса.

С экономической в первую очередь, а также и с технической точки зрения, в качестве источника микроволновой энергии представляется разумным использовать основные компоненты и комплектующие бытовых СВЧ печей. Для сравнения, базовую стоимость промышленного как ВЧ, так и СВЧ генератора для диэлектрического нагрева можно оценить по среднему коэффициенту 1.5÷2 € за ватт полезной мощности – без устройств согласования, которые могут эту цифру удвоить. В то же время, цена бытовой микроволновой печи мощностью 1 кВт, куда помимо магнетрона входят: высоковольтный трансформатор, системы вентиляции, блокировки и управления, даже в розничной торговле может составлять менее 4 тыс.рублей, т.е. не более 0.1 € за ватт полезной мощности [4].

Среди основных направлений использования микроволнового излучения можно отметить следующие:

1. Разогрев, приготовление пищи. Также в пищевой промышленности: разогрев белковых концентратов, сгущенного молока, роспуск мёда, жиров, шоколада и т.п.

2. Дефростация пищевых продуктов: мяса, рыбы, творога, ягод, и т.п.

3. Улучшение микробиологических характеристик продуктов (в том числе в упаковке): чая, специй, сухофруктов, орехов, лекарственных и фармацевтических препаратов, основы для выращивания мицелия и т.п. Стерилизация и пастеризация под воздействием СВЧ поля (молока, мёда, пива, соков и т.п.).

4. Дезинсекция зерна, зернобобовых, круп, макаронных изделий и т.п.

5. Жарка: семян подсолнечника, арахиса, различных типов орехов, фисташек, кунжута, фундука. Жарке легко подвергаются указанные продукты как в очищенном, так и в неочищенном виде (со скорлупой).

6. Сушка (в пищевой промышленности). Развитие сушильных технологий с помощью микроволн на сегодняшний день является приоритетным во всем мире.

7. Сушка стен после штукатурки, размораживание элементов конструкций и трубопроводов.

8. Противогрибковая обработка и дезинфекция строительных конструкций и сооружений, элементов складов, овощехранилищ, складских контейнеров и т.п., в т.ч. для уничтожения жука-древоточца в деревянных конструкциях.

9. СВЧ-экстракция пищевых и лекарственных продуктов.

Во ВНИИ Радиологии и Агроэкологии ведутся работы практически по всем указанным направлениям, ряд законченных разработок используется в производстве либо применялись для проведения опытных работ. Ниже приведен неполный список таких СВЧ установок:

- Установка для роспуска (декристаллизации) мёда и разогрева жиров УРМ-4.
- Лабораторная СВЧ установка для дозированного воздействия на биообъекты и для пробоподготовки (сушка, озоление проб).
- Конвейерная СВЧ установка для облучения картофеля и корнеплодов.
- СВЧ установка карусельного типа для предпосевной обработки картофеля и корнеплодов (25кВт, 915МГц).
- СВЧ пастеризатор (молока, вина, соков) 50 л/час (0.8кВт, 2.45ГГц).
- СВЧ пастеризатор жидких продуктов (5кВт, 2.45ГГц).
- СВЧ пастеризатор молочного концентрата (50кВт, 915МГц).
- Установка для СВЧ обработки и сушки сыпучих продуктов УМОС-02.
- Микроволновый излучатель "Жук 2-02" (выпускается серийно).

Таким образом, диапазон частот 2.45 ГГц представляет большой интерес как с экономической, так и с технической точки зрения для прямого использования энергии электромагнитного излучения в различных технологических процессах агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Козьмин Г.В., Зейналов А.А., Коржавый А.П., Тихонов В.Н., Цыгвинцев П.Н. Применение ионизирующих и неионизирующих излучений в агробиотехнологиях. Обнинск: ВНИИСХРАЭ. 2013. 192 с.

2. Elena I. Sarapultseva, Julia V. Igolkina, Viktor N. Tikhonov et al. The in vivo effects of low-intensity radiofrequency fields on the motor activity of protozoa // International Journal of Radiation Biology, Mar 2014, Vol. 90, No. 3: P. 262–267.

3. Kozmin G.V., Ipatova A.G., Parshikov V.V., Uralets T.I., Philipas A.S., Volynsky E.L. Chronic Microwave Irradiation Influence on Components of Agroecosystems. In: Electromagnetic field: biological effects and hygienic standartization. WHO, Geneva, Switzerland, 1999. – P. 189–196.

4. Тихонов В.Н., Иванов И.А., Крюков А.Е., Тихонов А.В. Бюджетные генераторы для микроволновых плазмотронов // Прикладная физика. 2015. № 5. С. 102-106.

ПРИМЕНЕНИЕ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ШАМПИНЬОНОВ

Н.И. Федянина, О.В. Карастоянова, Н.В. Коровкина,
А.А. Мусатова, Н.С. Шишкина,
Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
г. Видное, Россия, vnikopholod@mail.ru

Исследование эффективности комплексной технологии холодильного хранения шампиньонов с применением обработки УФ-излучением (в диапазоне С с длиной волны от 100 до 280 нм) в сочетании с газовой средой. Установлено снижение микробиологической обсеменённости, сохранение показателей качества, замедление процесса созревания шампиньонов и продление сроков хранения на 17,6 и 26,3 % от заявленного производителем при облучении дозами 2,60 и 3,90 кДж/м^2 соответственно.

Ключевые слова: хранение шампиньонов, УФ-излучение, газовая среда, повышение сохранности качества.

APPLICATION OF UV RADIATION IN COMPLEX TECHNOLOGY OF STORAGE OF CHAMPIGNIONS

N.S. Shishkina, N.I. Fedyanina, O.V. Karastoyanova, N.V. Korovkina, A.A.Musatova,
Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS,
Vidnoe, Russia, vnikopholod@mail.ru

Investigation of the effectiveness of the integrated technology of refrigerated storage of champignon using UV radiation treatment (in the C range with a wavelength of 100 to 280 nm) in combination with a gas medium. A decrease in microbiological contamination, preservation of quality indicators, a slowdown in the process of ripening champignons and an extension of the shelf life by 17.6 and 26.3 % of the declared by the manufacturer when irradiated with doses of 2.60 and 3.90 kJ/m^2, respectively, were established.

Key words: champignon storage, UV radiation, gas environment, improving the preservation of quality.

Увеличение резервов продовольствия путем использования антисептического эффекта воздействия физических методов обработки продукции (в том числе УФ-излучением) все более расширяется в РФ и странах мира. Однако для культурных грибов (шампиньонов и др.) исследования фрагментарны и требуют своего расширения [1-4].

Цель. Исследование комплексного воздействия УФ-излучения, состава газовой среды и охлаждения на качество шампиньонов, являющихся источником белковых компонентов и биологически активных веществ [5-6].

Новизна. Исследование эффективности применения антисептической обработки шампиньонов УФ-С излучением в комплексе с воздействием модифицированной газовой среды и условий охлаждения с целью стабилизации процессов созревания и устойчивости к фитопатогенам.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований служили свежие культивируемые грибы шампиньоны (Agaricus bisporus). Обработку проводили УФ-излучением продолжительностью 20 и 30 мин с двух сторон (по 10 и 15 мин соответственно), дозами 2,60 и 3,90 кДж/м^2 соответственно, с плотностью потока мощности 4,33 Дж/(с·м^2) на расстоянии от источника излучения 60 см.

Шампиньоны упаковывали в пакеты из полимерных плёнок состава PP (полипропилен) толщиной 80 мкм, PE (полиэтилен) толщиной 7 мкм и хранили при + 4…5 °С.

Газовая среда в упаковках создавалась за счёт дыхания шампиньонов (поглощение O_2, выделение CO_2) и селективной проницаемости полимерного материала по отношению к компонентам газовой среды. Контроль состава газовой среды (O_2, CO_2) в упаковках проводился с использованием газоанализатора МАГ-6 П-В.

Качество шампиньонов при хранении оценивали по изменению органолептических и химико-технологических показателей, а также в соответствии с ГОСТ Р 56827 (UNECE STANDARD FFV-24:2012) «Грибы шампиньоны свежие культивируемые». Технические условия.

Количество поверхностной микрофлоры шампиньонов до и после обработки определяли по следующим показателям: КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15-94; количество плесневых грибов и дрожжей по ГОСТ 10444.12-2013.

Результаты исследований. Исследования проводили по следующей технологической схеме: приемка, обработка УФ - излучением шампиньонов дозами 2,60 и 3,90 кДж/м^2, упаковка в пакеты из полимерных пленок (PP и PE), холодильное хранение при температуре 4…5 °С, контроль качества продукции на этапах хранения.

При обработке шампиньонов УФ-излучением количество жизнеспособных бактерий через сутки хранения составило при режиме обработки 20 мин – 0,07 % и режиме 30 мин – 0,02 % от исходного (1,2·10^7 КОЕ/г). При последующем хранении после 4-5 суток уровень микробиологической обсемененности стабилизируется на пониженном уровне.

Содержание жизнеспособных конидий плесневых грибов и дрожжей в результате УФ-обработки стабилизируется на пониженном уровне.

Учитывая возможность частичной реактивации жизнедеятельности микрофлоры обработанных шампиньонов, представлялось важным дополнительное воздействие другими факторами, в том числе созданием модифицированной газовой среды и охлаждением. В период хранения в упаковках из PP проявляется высокий уровень антисептирования обработанных шампиньонов, при этом отмечается значительное повышение содержания CO_2 на первом этапе хранения (1-5 сутки) и дальнейшая его стабилизация, что приводит к дополнительному подавлению жизнедеятельности микрофлоры и замедлению процесса созревания шампиньонов. В упаковках из PE, где из-за высокой газопроницаемости формируется низкий уровень CO_2 (0,02-0,53 %), изменение поверхностной обсемененности к концу хранения близки к контрольному варианту.

Содержание O_2 при хранении шампиньонов изменялось незначительно до 17-18 %, что ограничивало прохождение окислительных полифенольных соединений и отдаляет изменения окраски шляпок шампиньонов.

Важнейшим показателем качества шампиньонов является сохранение влагосодержания, фиксируемого по естественной убыли массы. Потери массы облученных шампиньнов при хранении в условиях МГС на протяжении всего периода хранения были меньше, чем у контрольных образцов.

Выводы:

Установлена высокая эффективность применения комплексной технологии УФ-обработки шампиньонов с дополнительным использованием преимуществ хранения в модифицированной газовой среде и условиях охлаждения. Использование новой технологии обеспечило антисептирование продукции, замедление процессов созревания, сокращение потерь от естественной убыли массы, сохранение потребительского качества и продление сроков холодильного хранения на 17,6 и 26,3 % от заявленного производителем при обработке дозами 2,60 и 3,90 кДж/м^2 соответственно.

Список литературы

1. Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Тихонов В.Н. Перспективы применения физических факторов в АПК//Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы»// г. Обнинск, с. 278-281, 2018 г.
2. Lu, Y., Zhang, J., Wang, X., Lin, Q., Liu, W., Xie, X., Guan, W. (2016). Effects of UV-C irradiation on the physiological and antioxidant responses of button mushrooms (Agaricus bisporus) during storage. International Journal of Food Science & Technology, 51(6), 1502–1508. doi:10.1111/ijfs.13100
3. Zhang, K., Pu, Y.-Y., & Sun, D.-W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (Agaricus bisporus): A review. Trends in Food Science & Technology, 78, 72–82. doi:10.1016/j.tifs.2018.05.012
4. Guan, W., Fan, X., & Yan, R. (2012). Effects of UV-C treatment on inactivation of Escherichia coli O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms. Postharvest Biology and Technology, 64(1), 119–125. doi:10.1016/j.postharvbio.2011.05.017
5. Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Производство грибов в России: основные проблемы и перспективы // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 5. №. 4. С. 181-184.
6. Концепция развития Российского грибоводства на период 2015 – 2020 гг. [Электронный ресурс: http://rusteplica.ru].

ОБОРУДОВАНИЕ КЗАРМ «ЗЕЛЕНЫЕ ВОЛНЫ®» И СПОСОБЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ ОНТОГЕНЕЗА РАСТЕНИЙ, В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО И СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ

В.П.Герасименя [1,2], С.В.Захаров[1,2], Т.И.Милевич[3], Н.В.Шамаль[3]
[1]ООО « Инбиофарм», Москва, Россия,
[2]ФГБУН «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. СЕМЕНОВ РАН», Москва, Россия,
[3]ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель, Беларусь, gerasimenia_v_p@mail.ru

Резюме. Учеными России разработано и зарегистрировано инновационное оборудование «Комплект защиты и активации роста сельскохозяйственных культур малогабаритный «Зеленые Волны ®» (КЗАРМ) [1]. Совместно с учеными Беларуси проведены исследования по изучению процессов прорастания семян растений различных сортов, лет репродукции и формирования растений в моделируемых условиях слабого электромагнитного излучения (ЭМИ) и ионизирующего излучения (ИИ). Установлена эффективность каждого исследуемого варианта на формирование морфологических показателей растений на ранней стадии онтогенеза. Получены результаты, характеризующие синергизм положительного действия на семена и растения обоих факторов воздействия - ИИ в стимулирующих дозах и слабого ЭМИ. Проведена морфофизиологическая оценка формирования популяции растений при комбинированном воздействии ИИ и слабого ЭМИ.

Ключевые слова: КЗАРМ «Зеленые Волны®», ячмень, электромагнитное излучение, ионизирующее излучение, всхожесть, проростки, L-форма, D-форма.

KZARM «GREEN WAVES®» AND ITS APPLICATION IN THE EARLY STAGES OF ONTOGENY OF PLANTS UNDER CONDITIONS OF IONIZING AND WEAK ELECTROMAGNETIC RADIATION

V.P.Gerasimenia[1,2], S.V.Zakharov[1,2], T.I.Milevich[3], N.V.Shamal[3]
[1] «Inbiopharm» LLC, Moscow, Russia,
[2]Semenov Institute of Chemical Physics, Moscow, Russia,
[3]GNU «Institute of Radiobiology Belarus National Academy of Sciences», Gomel, Belarus,
gerasimenia_v_p@mail.ru

Summary. Scientists from Russia developed and registered an innovative equipment «Set for protection and activation of the growth of crops (small-size) «Green Waves®» (KZARM) [1]. Together with scientists of Belarus, investigations have been conducted to study the processes of germination of plant seeds of different varieties, years of reproduction and formation of plants in simulated conditions of weak electromagnetic radiation and ionizing radiation. The efficiency of each studied variant for the formation of morphological parameters of plants at an early stage of ontogenesis is established. The results characterizing synergism of positive action on seeds and plants of both factors of influence - ionizing radiation in stimulating doses and weak electromagnetic radiation are received. The morphological evaluation of the formation of a population of plants under the combined effect of ionizing radiation and weak electromagnetic radiation is conducted.

Keywords: Green Waves®, barley, electromagnetic radiation, ionizing radiation, germination, sprouts, L-form, D-form.

Актуальность. Поиск новых технологий целенаправленного воздействия ЭМИ на растения является актуальной проблемой биологической науки. Одно из таких направлений - воздействие физических факторов, и в частности ИИ и слабого ЭМИ. В радиобиологии накоплен обширный материал о механизмах биологического действия ИИ, который свидетельствуют о чрезвычайно сложной ответной реакции организма на облучение [2]. В настоящее время активно изучается действие ЭМИ на живые объекты, в частности на растения. Установлено, что ЭМИ оказывает на растения разнонаправленное и специфичное действие в зависимости от силы и экспозиции фактора [3]. Особый практический интерес вызывает имеющее большую перспективу использование электромагнитных полей слабой интенсивности в диапазоне низкочастотных волн для регуляции активности биологических объектов.

Вместе с тем, до настоящего времени недостаточно полно была проведена оценка синергизма обоих факторов воздействия - ИИ и слабого ЭМИ - на семена в процессе прорастания, формирования проростков и растения и не оценено их совместное влияние на формирование морфологических показателей на ранней стадии онтогенеза. Поэтому изучение комбинированного влияния ИИ и слабого ЭМИ на процессы прорастания семян и формирования растений на ранней стадии онтогенеза является насущной научно-практической задачей.

Цель исследования: изучение влияния ИИ и слабого ЭМИ на процессы прорастания семян и формирования растений на ранней стадии онтогенеза в условиях защищенного грунта при различных вариантах воздействия моделируемых излучений.

Материалы и методы:

-объекты исследования - семена ярового ячменя различных сортов, лет репродукции;

- гамма-установка «ИГУР» (источник ^{137}Cs). Облучение семян проводили в дозах 2.5, 5.0, 100.0 Гр с мощностью дозы от 0,155 Гр/мин до 0,66 Гр/мин;

- оборудование КЗАРМ «Зеленые Волны®» (патенты РФ № 2169458 и № 2201665), который формирует особый микроклимат с помощью слабого ЭМИ с заданной периодичностью во времени и в пространстве с определенной направленностью излучения, сконцентрированного коническими волноводами [1].

Основные используемые методы: морфологический, физиологический, биометрический.

Оценку влияния ЭМИ проводили в условиях лабораторного опыта. Необлученные и облученные семена проращивали в чашках Петри при обычных условиях и в условиях моделируемых вариантов воздействия ИИ и слабого ЭМИ.

В экспериментах с воздействием на семена ИИ предварительно проводили облучение каждой партии семян на гамма-установке «ИГУР».

В дальнейшем семена проращивали в течение 7 суток в зоне слабого ЭМИ, генерируемого установкой КЗАРМ «Зеленые Волны®».

Для проведения серии экспериментов были определены условия выращивания растений и разработаны методики проведения опытов, статистической обработки результатов исследования. При этом оценку морфологических параметров и силы роста растений проводили по методике 5-ти бальной шкалы проростков, предложенной Б.С. Лихачевым. Стереоспецифическую структуру проростков ячменя оценивали по количеству L- и D- форм.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что слабое ЭМИ оказывает положительное действие на прорастание семян злаковых культур (ячменя), стимулирует ростовые процессы

у проростков и оказывает модифицирующее действие на проявление эффектов радиации у растений.

Воздействие ИИ на семена ячменя в стимулирующих дозах (2,5 и 5,0 Гр) и последующее их прорастание в зоне слабого ЭМИ ведет к синергизму положительного действия обоих факторов, что выражается в существенном увеличении всхожести семян и высоких значениях биомассы первого листа.

Морфологическая оценка показала, что формирование популяции растений при комбинированном воздействии ИИ и слабого ЭМИ приводит, по сравнению с другими вариантами, к значительному увеличению доли полноценных проростков на ранней стадии онтогенеза.

Слабое ЭМИ оказывает неоднозначное действие на семена, облученные в дозе 100 Гр. Наблюдается положительный эффект ЭМИ на 3-й день, отсутствие эффекта по параметру всхожести семян и антагонизм действия факторов у девятидневных растений.

Воздействие слабого ЭМИ на семена перед их посевом при оптимальных температурах окружающей среды 19-26°С способствует восстановлению жизнеспособности стареющих популяций семян ячменя.

Совпадение параметров увеличения всхожести семян и силы роста растений показывает, что формирование популяций растений идет за счет полноценных проростков. Повышение температуры окружающей среды до 27-35°С в период облучения ИИ и ЭМИ, а также прорастание растений при таких температурах, ведет к модификации эффекта ЭМИ в зависимости от исходного состояния семян.

Обнаружено репарационное действие слабого ЭМИ на гамма-облученные семена, что выражается в увеличении их всхожести и силы роста проростков по сравнению с параметрами необлученных семян.

При оптимальных температурах слабое ЭМИ усиливает рост растений, следствием чего является увеличение доли проростков ячменя с длиной листовой пластинки 10-15 см, перешедших к автотрофному типу питания, а у облученных семян наблюдается увеличении доли 5-балльных проростков ячменя (длина листовой пластинки более 5 см). При повышенных температурах отмечена сложная зависимость ростовых процессов у растений в зависимости от сорта и изученных факторов.

В изученных партиях семян ячменя доля D-форм в зависимости от условий произрастания и факторов излучения колеблется в диапазоне 49-68%. При проращивании ячменя в условиях оптимальных температур изменение доли D-форм проростков после облучения ИИ и слабого ЭМИ зависит от всхожести контрольных семян. Изменение D-форм проростков при проращивании в условиях повышенных температур зависит от количества D-форм контрольных растений. Установлено, что слабое ЭМИ может действовать опосредовано через среду обитания растения.

Выводы. Проведенные исследования показали, что слабое ЭМИ стимулирует рост и развитие растений на ранних этапах онтогенеза. Результатом этих процессов является сокращение сроков созревания растений, что в благоприятных условиях ведет к увеличению урожая и улучшению его качественных характеристик.

Список литературы

1. Комплект защиты и активации роста сельскохозяйственных культур малогабаритный (КЗАРМ «Зеленые Волны®»: ТУ 6398-028-87552538-13. -М.: ООО « Инбиофарм», 2013. -12с.

2. Каушанский, Д.А. Радиационно-биологические технологии / Д.А.Каушанский, А.М.Кузин // М.: Энергоатомиздат, 1984. – 148 с.

3. Мазец, Ж.Э. К вопросу о механизмах взаимодействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения с растительными объектами. // Ж.Э. Мазец, К.Я. Кайзинович, А.Г. Шутова // Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка, матэматыка, інфарматыка, біялогія, геаграфія. – 2014. – № 1. – С.26-31.

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИОБИОЛОГИИ И ГИГИЕНЫ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

МОСКВА, 12-13 НОЯБРЯ 2019 Г.

Сайт конференции www.bioemf.ru - поддержка и управление В.А. Алексеева

Компьютерная верстка: Михайлова Евгения Сергеевна

Подписано в печать 12.12.2019

Тираж 350 экз.

Издание Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений www.emf-net.ru

при поддержке

Центра электромагнитной безопасности

(доктор биологических наук О.А. Григорьев)

и

НПП "Ротек-Элпом"

(доктор технических наук, профессор М.А. Анцелевич)

bioEMF.ru 2019

Всероссийская конференция

Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений

Москва 12-13 ноября 2019

электромагнитное здоровье радиобиология излучение экология человек клетка модель доза 5G энергия загрязнение поле электромагнитобиология электричество WiFi заряд кролик гигиена безопасность магнит исследования Земля электромагнетизм поглощение лазер АПК стресс мозг раздражитель ЭМП информация нагрев ДНК генератор антенна мониторинг В/м ПДУ ВОЗ частота КВЧ УВЧ SAR медицина МКБ биология радио энергетика цифровизация мобильник компьютер окислитель нерв сеть РАН биоэлектромагнитное импульс нанопорация широкополосный шум направленный луч СВЧ реакция жизнь онкология гены электростатика биотропный