

VIII СЪЕЗД ПО РАДИАЦИОННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
(радиобиология, радиозэкология, радиационная безопасность)

СЪЕЗД РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ПРИ РАН

сборник докладов
СЕКЦИИ РАДИОБИОЛОГИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

VIII СЪЕЗД ПО РАДИАЦИОННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
(РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИОЭКОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ) -

СЪЕЗД РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ПРИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

12-15 ОКТЯБРЯ 2021 ГОДА

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
СЕКЦИИ РАДИОБИОЛОГИЯ
НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
(ОТДЕЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ)

МОСКВА 2022

УДК 577.34:57.04:613.648.2:612.822.3
ББК 28.071.6

Сборник докладов Секции Радиобиология неионизирующих излучений VIII Съезда по радиационным исследованиям и Съезда Радиобиологического общества при Российской Академии Наук 12-15 октября 2021 года (отдельное издание) - Москва: Радиобиологическое общество при Российской Академии Наук, Российский национальный комитет по защите от не ионизирующих излучений. 2022. – 68 с.

В настоящем сборнике представлены доклады участников Секции неионизирующих излучений VIII Съезда по радиационным исследованиям и Съезда Радиобиологического общества при Российской Академии Наук, проходившего в он-лайн режиме 12-15 октября 2021 года.

Доклады распределены по трем разделам: «Радиобиологические исследования действия электромагнитного поля», « Радиобиология и гигиена излучений, используемых в цифровых технологиях», «Радиобиологические исследования эффектов плазмы, лазера, УФ, видимого света и электричества».

Сборник подготовлен к публикации Российским национальным комитетом по защите от неионизирующих излучений (www.emf-net.ru) в соответствии с оригиналом, предоставленным Оргкомитетом Съезда

Текст докладов представлен в авторской редакции, в полном соответствии с представленными в Оргкомитет материалами участников Секции неионизирующих излучений. Соответствие содержания докладов требованиям законодательства Российской Федерации является ответственностью авторов.

© Авторы докладов, 2022

© Радиобиологическое общество при Российской Академии Наук, 2022

© Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений (подготовка к публикации и оформление), 2022

РАЗДЕЛ 1. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ	8
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, МОДУЛИРОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ В ДИАПАЗОНЕ РИТМОВ ЭЭГ С.Н. ЛУКЬЯНОВА	9
ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОТОМСТВО ОБЛУЧЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В.В.ПАНФИЛОВА, О.И.КОЛГАНОВА, О.Ф.ЧИБИСОВА	10
ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ, КРИТЕРИИ ПЕРЕХОДА ОТ НОРМЫ К ПАТОЛОГИИ И НАПРЯЖЕННОСТЬ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И НЕТЕПЛОВЫХ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ А.В. ШАФИРКИН, А.Л. ВАСИН	12
СОСТОЯНИЕ ЯДЕРНОЙ ДНК КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ДЕЙСТВИИ ГАММА- ИЗЛУЧЕНИЯ И ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ Е.В. СТЯЖКИНА, А. А. ПЕРЕТЫКИН, Е. А. ПРЯХИН	14
ТУЧНЫЕ КЛЕТКИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОЩЕЙ КИШКИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ- ДИАПАЗОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ З.А. ВОРОНЦОВА, С.Н. ЗОЛОТАРЕВА., Е.Е. ИВАНОВА	16
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ Н.Б. РУБЦОВА, С.Ю. ПЕРОВ, А.Ю. ТОКАРСКИЙ, О.В. БЕЛАЯ	18
МАГНИТНЫЕ БУРИ И НИЗКОЧАСТОТНЫЙ МАГНИТНЫЙ ШУМ В АВТОМОБИЛЯХ И ГОРОДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ Р.М. САРИМОВ, В.Н. БИНГИ	20
МЕТОД КОМПЬЮТЕРНОЙ МОРФОМЕРТИИ В ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ Д.В. УСКАЛОВА, К.В. УСТЕНКО, А.А. ЖАЛНИНА, А.В. ДОРОХОВ, Е.И.САРАПУЛЬЦЕВА	21

<p>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ В УСЛОВИЯХ ГОЛОДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ <i>DAPHNIA MAGNA</i></p> <p>К.В.УСТЕНКО, Д.В.УСКАЛОВА, А.А. ЖАЛНИНА, А.В. ДОРОХОВ, Е.И.САРАПУЛЬЦЕВА</p>	23
<p>ДЕЙСТВИЕ СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КЗАРМ «ЗЕЛЕННЫЕ ВОЛНЫ®» НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СРЕДНЕКИСЛЫХ И НЕЙТРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ</p> <p>В.П. ГЕРАСИМЕНЯ, С.В. ЗАХАРОВ</p>	25
<p>РАЗДЕЛ 2. РАДИОБИОЛОГИЯ И ГИГИЕНА ИЗЛУЧЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ</p>	27
<p>РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА КРЫС-САМЦОВ НА ПОСТНАТАЛЬНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ И ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1745 ГЦ)</p> <p>Н.В. ЧУЕШОВА</p>	28
<p>НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 5G СОТОВОЙ СВЯЗИ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ (КОЖА-КРИТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА)</p> <p>З.А. ВОРОНЦОВА , Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ</p>	30
<p>5G СТАНДАРТ СОТОВОЙ СВЯЗИ – РЕАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА</p> <p>Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ, Г.В. КОЗЬМИН, Е.И. САРАПУЛЬЦЕВА, Ю.С.РОМАНКО</p>	31
<p>ПЛАНЕТАРНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ИСТОЧНИКОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ И ВОЗМОЖНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ (МНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАДИОБИОЛОГА)</p> <p>Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ</p>	33
<p>ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭМИ РЧ (2,4 ГГЦ) ОТ РОУТЕРА СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ WI-FI НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОВЕНЬ КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ В ЯИЧНИКАХ <i>D. MELANOGASTER</i></p> <p>О.В. ШАХОВСКАЯ, Е.В. ЦУКАНОВА, К.М. ФАБУШЕВА</p>	35

<p>ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ</p> <p>А.Л. ВАСИН, Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ, Н.И. ХОРСЕВА</p>	37
<p>СИСТЕМА, МИНИМИЗИРУЮЩАЯ ИЗЛУЧЕНИЕ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА</p> <p>А.Н. БАРАНОВ</p>	38
<p>ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАГРУЗКА, СОЗДАВАЕМАЯ ТЕРМИНАЛАМИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ, ВЛИЯЕТ НА РАСПОСТРАНЕННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ</p> <p>С.Ю. РЫБАЛКО, С.Г. ЯЩЕНКО</p>	39
<p>ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭКРАНОВ КОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЛИЯЕТ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА</p> <p>С.Г. ЯЩЕНКО, С.Ю. РЫБАЛКО</p>	41
<p>ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫМИ ТЕЛЕФОНАМИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ.</p> <p>Н.И. ХОРСЕВА, В.А. МАРАХОВА</p>	43
<p>МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ И НАШИ ДЕТИ: СИТУАЦИЯ ТРЕБУЕТ РЕШЕНИЯ</p> <p>Н.И. ХОРСЕВА</p>	45
<p>РАЗДЕЛ 3. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ПЛАЗМЫ, ЛАЗЕРА, УФ, ВИДИМОГО СВЕТА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА</p>	47
<p>БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМОЙ</p> <p>Е.А. ПРЯХИН, Л.И. УРУЦКОЕВ, Е.В. СТЯЖКИНА, Н.Д. ПИЛИА</p>	48
<p>РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕДЕСТРУКТИВНОЙ ПЛАЗМЫ</p> <p>С.А. ГОРБАТОВ, И.А. ИВАНОВ, А.В. ТИХОНОВ, В.Н. ТИХОНОВ, А.Ю. ШЕСТЕРИКОВ</p>	50
<p>ДЕЙСТВИЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ НА ФИТОПАТОГЕНЫ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ</p> <p>М.Г. ПОМЯСОВА, Д.И. ПЕТРУХИНА, Е.И. КАРПЕНКО, В.А. ХАРЛАМОВ</p>	52

<p>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НА ГЕНЕРАЦИЮ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ПРОБОЕ</p> <p>И.В. БАЙМЛЕР, А.В. СИМАКИН, С.В. ГУДКОВ</p>	53
<p>ЭФФЕКТ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 525 НМ НА КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА И ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ МЫШЕЙ IN VIVO</p> <p>А.Р. ДЮКИНА, С.И. ЗАИЧКИНА, О.М. РОЗАНОВА, С.С. СОРОКИНА, Е.Н. СМИРНОВА, Д.П. ЛАРЮШКИН, Н.В. МИНАЕВ, В.И. ЮСУПОВ, М.М. ПОЦЕЛУЕВА</p>	55
<p>ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАДИОБИОЛОГИИ</p> <p>А.Ю. СЕТЕЙКИН, М.В. ИЛЬИНА, Е.А. ВАНИНА, А.В. АЛЕХНОВИЧ</p>	57
<p>МОДИФИКАЦИЯ ЦИТОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТАМИ ИЗ ДВУХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ В ОТНОШЕНИИ КЕРАТИНОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА (НАСАТ)</p> <p>М.В. МАТВЕЕНКОВ</p>	58
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАРКЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УФ-ИНДУЦИРОВАННОГО АПОПТОЗА ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА</p> <p>М.А. НАКВАСИНА, В.Г. АРТЮХОВ, М.С. РАДЧЕНКО</p>	60
<p>УФ-ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СВОБОДНЫХ И ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА МАТРИЦЕ ХИТОЗАНА ПРОТЕАЗ</p> <p>С.М. ПАНКОВА, М. Г. ХОЛЯВКА, В.Г. АРТЮХОВ</p>	62
<p>ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА СИНЕРГИЗМА КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ УФ СВЕТА И ГИПЕРТЕРМИИ ОТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АГЕНТОВ И ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ МЕЖДУ НИМИ</p> <p>О.В. ПЕРЕКЛАД, П.С. КУПЦОВА, Г.П. ЖУРАКОВСКАЯ</p>	64
<p>ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ В МОДИФИКАЦИИ ДЕЙСТВИЯ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОЖУ</p> <p>С.В. ГОНЧАРОВ, А.Е. КОЗЛОВ, М.В. МАТВЕЕНКОВ, О.М.ХРАМЧЕНКОВА</p>	66
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭФФЕКТОВ ЭШУ</p> <p>Т.В. ФОМИНА</p>	68

**РАЗДЕЛ 1. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, МОДУЛИРОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ В ДИАПАЗОНЕ РИТМОВ ЭЭГ

Лукьянова С.Н.

ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России , г. Москва, Россия

Настоящее исследование относится к вопросу о нейроэффектах слабых ЭМП, модулированных в диапазоне ритмов ЭЭГ. Цель работы сводилась к сопоставлению соответствующих реакций, используя различные способы модуляции.

В экспериментах на кроликах и исследованиях с участием испытуемых – добровольцев сравнивали эффективность способов модуляции, формируемых в результате режимов: меандр; обратная связь от волн ЭЭГ непосредственно облучаемого (синхронно) или другого (используя запись ЭЭГ, не синхронно) объектов; плавное изменение частот (сви́пирование) в пределах избранного диапазона. Через всю работу проходит ЭМП 1 ГГц, плотность потока энергии (ППЭ) в импульсе – 200 мкВт/см², длительность импульса – 20 мс. Режимы различались: частотой следования импульсов, способом их предъявления и ППЭ в среднем.

Обосновано, что в основе усиления мощности ЭЭГ диапазона, соответствующего частоте модуляции ЭМП, лежит механизм навязывания ритмов, как и в случае известных стимулов (свет, звук и др.). В отличие от указанных раздражителей, ЭМП может быстрее и более интенсивно привести к желаемому результату. Наиболее эффективными были способы модуляции в виде синхронной обратной связи от волн ЭЭГ и режим сви́пирования частот в пределах избранного диапазона. В данном случае величина усиления диапазона, соответствующего модуляции, составляла 15÷30%, что могло наблюдаться в 60-80% случаев и находить отражение в других показателях состояния организма (ЧД, ЧП, ЭМГ). Эти результаты статистически значимо отличались от фона, но не выходили за пределы характеристик нормы. Эксперименты на кроликах и исследования с участием испытуемых-добровольцев показали однозначные результаты. В обоих случаях, с практической точки зрения наибольшего внимания заслуживает режим модуляции ЭМП в виде сви́пирования (плавного изменения) частот в избранном диапазоне ЭЭГ.

Совокупность материала исследования дополняет соответствующие данные литературы, представляя (ранее не описанную) сравнительную характеристику эффективности различных способов модуляции ЭМП частотами ЭЭГ. Эти данные могут быть учтены при формировании новых режимов модуляции слабых электромагнитных воздействий, применяемых в современной физиотерапевтической практике.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОТОМСТВО ОБЛУЧЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

В.В.Панфилова, О.И.Колганова, О.Ф.Чибисова

МРНЦ им. А.Ф.Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ, Обнинск

whiskas04@yandex.ru

В настоящее время происходит очень активное внедрение в жизнь человека мобильной связи, при использовании которой происходит ежедневное облучение головного мозга. Мобильными телефонами пользуются не только взрослые люди, но и дети и беременные женщины, подвергая воздействию электромагнитного излучения еще формирующийся организм не родившегося ребенка. Крайне чувствительной к воздействию электромагнитного излучения оказывается ЦНС.

Главной задачей настоящего исследования являлось изучение влияния ЭМИ диапазона частот мобильной связи при хроническом воздействии. В ходе эксперимента 15 самцов крыс Вистар подвергали хроническому ЭМИ, частота 1800 МГц, ППЭ 85 мкВт/см², 1 час в день, 18 дней. После чего 30 интактных половозрелых самок подсаживали к облученным самцам из расчета 1:2. Начало беременности определяли по наличию сперматозоидов во влагалищных мазках. Беременные самки были разделены на опытную (15 самок) и контрольную (16 самок) группы. Беременные самки из опытной группы подвергались хроническому ЭМИ в безэховой камере в решетчатых контейнерах 1 час в день, с 5 по 17 день беременности. Условия облучения: несущая частота 1800 МГц, ППЭ 85 мкВт/см², на расстоянии от источника излучения 1,3 метра. Самки из контрольной группы подвергались ложному облучению в безэховой камере в решетчатых контейнерах. Потомство F1 этих самок в возрасте 1 месяца было отсажено от самок с целью доращивания до возраста 3 месяцев и дальнейшего тестирования.

Материалы и методы. 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. Когнитивные функции мозга потомства F1 оценивали по способности к выработке и воспроизведению условного рефлекса активного избегания (УРАИ). В экспериментах использовали стандартную методику обучения крыс в челночной камере Шаттл-бокс.

Результаты. В результате проделанной работы выявлено: эмбриогенез потомства первого поколения у самок подопытной группы протекает без существенных отклонений от нормы и от показателей контрольной группы. 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. По тесту

выработки условного рефлекса активного избегания самцы F1, рожденные от облученных самок, не отличаются от самцов F1, рожденных от контрольных самок. По всем интегративным и скоростным показателям обучаемости достоверных различий нет. Что же касается самок F1, у них наблюдалась сниженная способность к обучению.

Выводы. Удалось установить, что хроническое немодулированное ЭМИ не оказывает существенного влияния на течение беременности самок и раннее постнатальное развитие их потомства первого поколения. Выраженного негативного воздействия на когнитивные функции мозга крыс также не выявлено. Следует, однако, отметить, что самки F1 опытной группы отстают от контрольных по степени консолидации навыка, выработанного при предыдущем тестировании, хотя это отставание практически полностью компенсируется к концу сеанса за счет увеличения скорости обучения. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-413-40004.

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ, КРИТЕРИИ ПЕРЕХОДА ОТ НОРМЫ К ПАТОЛОГИИ И НАПРЯЖЕННОСТЬ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И НЕТЕПЛОВЫХ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

А.В. Шафиркин, А.Л. Васин

Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

a.v.shafirkin@mail.ru

Среди рассмотренных интегральных показателей для описания адаптации организма, глубины изменений в различных системах при продолжительном действии экстремальных факторов окружающей среды, рассмотрены возможности обобщенного логарифмического показателя (ОЛП) для количественной характеристики развития повреждений в различных системах, формирования восстановительных и компенсаторных процессов. При этом с помощью этого показателя можно строго количественно оценить степень напряжения регуляторных систем и изменение устойчивости организма с увеличением интенсивности и длительности действия стрессового фактора. Этот показатель может служить комплексной оценкой сдвигов в сложной системе (например, в системе кроветворения, иммунной и сердечно-сосудистой системах и др.), характеризующихся большим числом показателей.

В докладе приводится сравнительный анализ процессов адаптации к длительным хроническим воздействиям ионизирующих и неионизирующих излучений на основе литературных и собственных данных. Продемонстрирована возможность использования ОЛП для характеристики различных стадий адаптационных процессов: нормальной физиологической адаптации (НФА), активной адаптации (АА), неудовлетворительной адаптации (НА) и срыва адаптации (СА) на основе различной степени выраженности напряжения и перенапряжения регуляторных систем. Рассмотрены показатели системы кроветворения, иммунной системы, биохимического статуса организма, условно-рефлекторной деятельности и репродуктивной способности животных при хроническом гамма-облучении мелких лабораторных животных (МЛЖ) и крупных млекопитающих с различной мощностью дозы, а также при воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) низких нетепловых интенсивностей.

В настоящем сообщении также продемонстрированы возможности ОЛП для количественного описания изменений общего функционального состояния (ФС) и здоровья человека, связанных с возрастом и физической активностью на основе показателей сердечно-сосудистой системы (ССС), дыхательной системы и ряда других. у человека

Рассмотрены результаты отдаленных неблагоприятных последствий, связанных с ускоренным старением, сокращением продолжительности жизни у животных, а также данные эпидемиологических исследований об изменении состояния центральной нервной системы (ЦНС), ССС и других при действии

на работников ионизирующих излучений и ЭМИ низких нетепловых интенсивностей.

Нами были разработаны и предлагаются новые подходы и критерии нормирования при действии указанных и ряда других стрессовых факторов, когда устанавливаются предельные интенсивности воздействия, которые не вызывают еще перехода к активной адаптации и выраженного и длительного напряжения основных регуляторных процессов организма, приводящие к ускоренному старению. В связи с вышеизложенным в докладе будут предложены сниженные по сравнению с существующими нормативами предельные уровни на профессиональных работников и население действия ЭМИ высоких и сверхвысоких частот.

СОСТОЯНИЕ ЯДЕРНОЙ ДНК КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ И ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е. В. Стяжкина^{1,2}, А. А. Перетыкин², Е. А. Пряхин²

¹ Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

² Уральский научно-практический центр радиационной медицины,

Челябинск, Россия

yelena-st@mail.ru

Многочисленные исследования указывают на влияние неионизирующих электромагнитных излучений (ЭМИ) и полей (ЭМП) на клетки и организм растений, животных и человека, однако механизмы действия, а также эффекты ЭМП в комбинации с другими физическими факторами не установлены.

Целью данного исследования является изучение комбинированного действия γ -излучения и импульсного магнитного поля (ИМП) на ДНК лейкоцитов периферической крови человека.

Материалы и методы. Для эксперимента использовали лейкоциты крови 3-х взрослых здоровых доноров без хронических заболеваний и вредных привычек. Кровь *in vitro* подвергали внешнему острому γ -облучению в дозе 3 Гр на установке ИГУР-1М с мощностью дозы 78 сГр/мин, после чего пробирки с кровью помещали в генератор ИМП (частота следования импульсов 28,6 кГц, импульс треугольной формы с фронтом 0,05 мкс и длительность спада спада 0,25 мкс, индукция магнитного поля в импульсе в месте расположения пробирок с кровью 5,1 мТл). Состояние ДНК оценивали с помощью щелочного варианта метода ДНК комет через 5, 30, 60 и 120 минут после γ -облучения (γ -контроль); воздействия ИМП (ИМП-контроль), комбинированного действия γ -излучения и экспозиции ИМП; а также в интактных клетках. Эксперимент проводили в CO₂ климатостате при 37°C. Для характеристики состояния ядерной ДНК использовали параметр «момент хвоста» кометы.

Результаты. Установлено, что через 5 минут при комбинированном действии γ -излучения излучений среднее значение «момента хвоста» комет составило 210 ± 7 , что было статистически значимо выше, чем значение параметра в группе ИМП-контроля (87 ± 11), и группе биологического контроля (36 ± 6), но не отличалось от значения показателя в группе γ -контроля (187 ± 16). Через 30 минут после комбинированного действия значение «момента хвоста» повышалось до 322 ± 32 и было статистически значимо выше, чем во всех других экспериментальных группах: ИМП-контроля – 31 ± 5 ; γ -контроля – 89 ± 11 ; в группе биологического контроля – 25 ± 2 . Через 60 минут в группе комбинированного действия значение «момента хвоста» составило 127 ± 17 , что было статистически значимо выше, чем значение параметра в группе ИМП-контроля (16 ± 3), и в группе биологического контроля (48 ± 11), и не отличалось от значения в группе γ -

контроля (86 ± 34). Через 120 минут в группе комбинированного действия исследуемых факторов значение «момента хвоста» составило 51 ± 12 , что было статистически значимо ниже, чем в группе γ -контроля (158 ± 43), и статистически значимо выше, чем в группе ИМП-контроля (15 ± 1), но не отличалось от значения в группе биологического контроля (50 ± 13).

Выводы. Значительное увеличение уровня повреждения ядерной ДНК при комбинированном действии γ -излучения и ИМП через 30 мин после γ -облучения может свидетельствовать о синергическом повреждающем действии исследуемых факторов при использованных уровнях их влияния, либо о стимулирующем действии ИМП на процессы эксцизионной репарации.

ТУЧНЫЕ КЛЕТКИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОЩЕЙ КИШКИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ-ДИАПАЗОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

З.А. Воронцова, С.Н. Золотарева., Е.Е. Иванова
ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, Воронеж, Россия
zol2009sn@yandex.ru

К актуальным проблемам современной радиобиологии и космической медицины относится исследование местных регуляторных систем организма и их роли в поддержании гомеостатического равновесия в условиях неионизирующих излучений в штатном режиме и чрезвычайных ситуациях. К одной из таких систем относятся динамичная популяция тучных клеток (ТК) соединительнотканного компонента слизистой оболочки тощей кишки. Это полифункциональные клетки, принимающие участие, как в запуске адаптивных реакций, так и развитии патологического процесса, эквивалентно преобладанию биологически активных веществ выделяемых ими.

Цель исследования состоит в изучении динамических изменений тучноклеточной популяции соединительнотканной стромы слизистой оболочки тощей кишки при воздействии электромагнитного излучения СВЧ – диапазона (ЭМИ).

Материалы и методы. Материалом для исследования стали фрагменты тощей кишки, взятых от 48 лабораторных половозрелых крыс-самцов в возрасте 4 мес. Экспериментальная группа крыс подвергалась воздействию ЭМИ на установке «Хазар 2,5Р», с частотой 2,4ГГц и ППМ 10 мВт/см², на протяжении 2,5 мин. Временные параметры эксперимента составили 1,7; 5; 24; 72 часа после воздействия фактора. Общее число тучных клеток и перераспределение их морфофункциональных форм в межкриптальной соединительнотканной строме изучали на стандартных, продольных парафиновых срезах при окраске основным коричневым по Шубичу с докраской гематоксилином.

Результаты. У крыс контрольной группы общее число тучных клеток (ОЧТК) межкриптальной стромы слизистой оболочки тощей кишки составило $31,8 \pm 4,17$. Распределение морфофункциональных типов ТК в процентном соотношении у контрольной группы было следующее: дегранулированные (Дг) 62%, вакуолизированные (Вк) 12% и недегранулированные (НДг) 23%, что свидетельствовало о преобладании активных форм и поддержании гомеостатического равновесия на местном уровне. У крыс экспериментальной группы было выявлено достоверное снижение общего числа тучных клеток во временной динамике эксперимента – $11,4 \pm 1,67$; $12,2 \pm 2,05$; $9,9 \pm 1,04$ и $8,1 \pm 0,39$ спустя 1,7; 5; 24 и 72 часа соответственно. Здесь же необходимо отметить перераспределение локализации ТК, формировавших скопления вокруг капилляров и в субэпителиальной зоне,

тогда как у контрольных крыс ТК распределялись равномерно по всей соединительнотканной строме. Среди морфофункциональных типов ТК спустя 1,7 часа выявлено повышение количества активных форм ($p < 0,05$) Вк – 22% и Дг – 67% и снижение НДг – 11%. Начиная с 5 часа НДг ТК повышались ($p < 0,05$) и составляли в среднем 39% от ОЧТК. Дг ТК проявляли тенденцию к снижению ($p < 0,05$), с большей выраженностью к концу третьих суток (37%). Количество Вк ТК снижалось ($p < 0,05$) спустя 5 часов (8%) и одни сутки (10%), а концу третьих суток незначительно превышало контроль (18%).

Выводы. Воздействие электромагнитного излучения СВЧ - диапазона вызывало достоверные изменения в популяции тучных клеток слизистой оболочки тощей кишки, проявляющиеся снижением количества активных форм и разобщением их соотношения в сторону нарушения реализации компенсаторно-приспособительных механизмов на местном уровне.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ

Н.Б.Рубцова¹, С.Ю.Перов¹, А.Ю.Токарский², О.В.Белая¹

¹Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика

Н.Ф.Измерова, Москва, Россия

²АО «НТЦ ФСК ЕЭС», Москва, Россия

rubtsovanb@yandex.ru

Электромагнитная безопасность (ЭМБ) электросетевых объектов обеспечивается за счет снижения рисков неблагоприятного влияния на человека и окружающую среду генерируемых этими объектами электрических и магнитных полей (ЭП и МП), в основном, промышленной частоты (ПЧ - 50/60 Гц). Наибольший интерес в этом аспекте представляют воздушные и кабельные линии электропередачи. ЭМБ обеспечивается как наличием гигиенических нормативов ЭП и МП ПЧ, так и созданием для воздушных линий электропередачи (ВЛ) санитарно-защитных зон (СЗЗ) – санитарных разрывов, на границах которых уровни ЭП не должны превышать нормативных значений, установленных для селитебных территорий. Однако при определении границ этих полос отчуждения вклад МП не учитывается. В РФ параллельно существуют нормативные значения границ СЗЗ для ВЛ 330-1150 кВ и охранных зон для ВЛ напряжением выше 1 кВ, которые частично отличаются и также не учитывают МП.

Разработана и применяется схема измерений уровней ЭП и МП ПЧ, позволяющая адекватно оценивать характер их распределения в пределах СЗЗ и охранных зон ВЛ в любом числе пролетов.

Выполнены натурные измерения уровней ЭП и МП частотой 50 Гц в пределах прохождения нескольких ВЛ напряжением 500 и 750 кВ, позволившие определить характер их распределения в зависимости от расстояния от проекций фазных проводов.

Сравнение результатов натурных измерений с данными расчетов уровней ЭП и МП ПЧ показали высокую сходимость результатов.

Результаты оценки уровней ЭП и МП 50 Гц в пределах СЗЗ свидетельствуют о возможности превышения гигиенических нормативов для работающих по напряженности ЭП ПЧ для всей рабочей смены, как в пределах проекций проводов крайних фаз ВЛ и между ВЛ, так и на расстоянии 15 м и ближе от проекции проводов крайней фазы. Кроме того, в пределах проекций проводов крайних фаз ВЛ 500 кВ возможно превышение гигиенического норматива 20 мкТл, установленного для пребывания в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок.

Для работающих наиболее эффективным способом защиты от ЭП ПЧ является применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), но они не

обеспечивают защиту от МП. Основной характеристикой эффективности СИЗ является коэффициент экранирования, выражающий степень ослабления уровня воздействия на человека, которая определяется путем испытаний, но сегодня оценка осуществляется непрямым методом, что не дает возможности сопоставления с нормативами ЭП ПЧ. С учетом неоднозначности оценки эффективности экранирования по полю и по наведенным токам, были созданы и применены математические модели тела человека с использованием СИЗ, что является важным этапом разработки научно обоснованных подходов к гармонизации критериев оценки эффективности, которое учитывает не только металлизированные объекты, в том числе и СИЗ, но и модели тела человека, что является важной составляющей в совершенствовании принципов обеспечения безопасности персонала электросетевых объектов.

МАГНИТНЫЕ БУРИ И НИЗКОЧАСТОТНЫЙ МАГНИТНЫЙ ШУМ В АВТОМОБИЛЯХ И ГОРОДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Р. М. Саримов, В. Н. Бинги

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

rusa@kapella.gpi.ru

Существует множество исследований, в которых регистрируется влияние геомагнитных возмущений на состояние здоровья человека. Порядок величины индукции магнитного поля (МП) во время геомагнитных бурь составляет сотни нТл. Остается открытым вопрос о механизме биотропных эффектов таких МП, тем более что в городских условиях геомагнитные возмущения происходят на фоне городского магнитного шума.

Целью данного исследования является измерение и анализ спектральных характеристик низкочастотного МП внутри нескольких автомобилей с бензиновым двигателем во время движения по оживленным городским трассам. Спектры, полученные при измерениях в салоне автомобилей, сравниваются со спектрами, измеренными в помещениях в разное время суток и с возмущениями геомагнитного поля.

Материалы и методы. Измерения МП проводились с использованием трехосного датчика FL3-100 (диапазон измерения ± 100 мкТ, ширина полосы от 0 до 2 кГц (-3 дБ), Stefan Mayer Instruments, Dinslaken, Германия), подключенного через 16-битный аналого-цифровой преобразователь NI USB-6251 (National Instruments, Austin, TX) к ноутбуку. Датчик устанавливался в середине кабины легкового автомобиля. Всего было совершено четыре поездки на трех автомобилях разных марок длительностью 1-1.5 часа. Аналогичным образом были сделаны записи (1-2 суток) МП в помещениях трех различных исследовательских институтов в Москве.

По данным измерений, используя стандартное преобразование Фурье, получали спектры МП. Полученные спектры сравнивались со спектрами, вариаций геомагнитных возмущений предоставленных геофизической обсерваторией Института физики Земли им. Шмидта РАН в п. Борок.

Результаты. Спектральная плотность мощности МП в автомобилях, движущихся по оживленным трассам, в диапазоне частот 10^{-3} - 10^2 Гц, на один-три порядка выше, чем в городских офисных помещениях. В свою очередь, в дневное время мощность МП в диапазоне от 10^{-3} до 1 Гц внутри помещения в три раза выше по сравнению с мощностью сильной геомагнитной бури. Однако ночью это соотношение существенно меняется.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют, что эффект магнитных бурь, скорее всего, связан с относительно длительными, продолжающимися несколько часов или более (диапазон частот 10^{-4} - 10^{-5} Гц), периодами усиления или ослабления локального геомагнитного поля. В этом диапазоне, особенно в ночное время, спектральная плотность мощности геомагнитных возмущений сравнима и может даже превышать плотность мощности городских МП.

МЕТОД КОМПЬЮТЕРНОЙ МОРФОМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Д.В. Ускалова¹, К.В. Устенко², А.А. Жалнина¹, А.В. Дорохов¹, Е.И. Сарапульцева^{1,2}

¹ ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск, Россия,

² НИЯУ МИФИ, Москва, Россия,

uskalovad@mail.ru

Целью исследования было создание компьютерной тест-системы для экспресс-анализа биологических эффектов низкоинтенсивного радиочастотного облучения.

Материалы и методы. Работа проведена на инфузориях *Spirostomum ambiguum*, плоских червях *Dugesia tigrina* и ракообразных *Daphnia magna*. Животных облучали в ЭМП с частотой 900 МГц и ППЭ 50 и 100 мкВт/см². Экспозиции составляли от 30 мин до 5 сут. Применен метод компьютерной морфометрии с использованием программы «Image-Pro». Морфометрические изменения у *D. tigrina* оценивали по индексу регенерации на 4 сут после декапитации и облучения. Для *S. ambiguum* были выбраны параметры, отражающие паталогические изменения формы тела, способные привести к снижению двигательной активности и возможной гибели животных. Морфометрические изменения у *D. magna* оценивали по измерению соотношения длины тела и шипа. Полученные результаты проанализированы с использованием непараметрических критериев Крускалла-Уоллеса и χ^2 с поправкой Бонферрони на множественное сравнение.

Результаты. Для облученных и контрольных планарий получены значения индекса регенерации, определяемого методом регистрации фотоконтраста между старыми (пигментированными) и новыми (прозрачными) частями тела планарий на 4 и 7 сутки после декапитации и равного отношению площади регенерирующей бластемы к площади всего тела червя. Выявлена корреляция между изменением индекса регенерации и снижением пула жизнеспособных клеток и метаболической активности планарий. На основе морфометрии планарий были разработаны системы оценки морфометрических нарушений у инфузорий и дафний, позволяющие выявить физиологически важные для этих организмов изменения формы и размеров тела. Под действием негативных факторов среды у инфузорий нарушается двигательная активность и образуются такие изменения формы тела, как «вертячки» и «сжатия», что может служить предвестниками гибели. Заложенные в программу «Image-Pro» параметры (отношение минимального и максимального диаметров, длина тела инфузории, периметр и отклонение от окружности) позволили количественно рассчитать значения «физиологической нормы» и отклонений от нее. С использованием данного метода изучены эффекты при разных экспозициях в электромагнитном поле и выявлена корреляция изменения формы тела с изменением двигательной активности. Разработанный нами метод позволил количественно оценить

темпы роста тела дафний и изменение длины хвостового шипа (как специфической реакции на внешние факторы) в процессе онтогенеза. Проведена оценка воздействия ЭМИ и голода на морфометрические показатели дафний, облученных в ранний ювенильный период. Результаты коррелируют с данными о выживаемости и плодовитости рачков, полученными с помощью гостированных методик, что свидетельствует об эффективности нашего метода.

Вывод. Тест-система на основе компьютерной морфометрии эффективна для выявления острых и отдаленных эффектов низкоинтенсивного радиочастотного облучения беспозвоночных гидробионтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-48-400010.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ В НИЗКОИНТЕНСИВНОМ РАДИОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ В УСЛОВИЯХ ГОЛОДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ *DAPHNIA MAGNA*

Устенко К.В.¹, Ускалова Д.В.², А.А. Жалнина²,
А.В. Дорохов², Сарапульцева Е.И.^{1,2}

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Россия

²Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», Обнинск, Россия
ksustenko@gmail.com

Базовые станции сотовой связи являются источниками постоянного и повсеместного электромагнитного фона в диапазоне частот от 400 до 6000 МГц. Для экологического нормирования актуальным вопросом остаётся оценка действия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) на биоту в условиях сочетанного влияния природных стрессовых факторов.

Цель работы заключалась в определении биологических показателей, чувствительных к воздействию ЭМИ РЧ с параметрами сотовой связи, у низших гидробионтов *Daphnia magna*, обитающих в условиях голодания. В работе применены физиологический, морфологический и биохимические подходы биотестирования.

Материалы и методы. Односуточных особей *D. magna* разделили на группы: I – нормальный уровень пищи (1,9 мгС/л), II – условие голодания (0,8 мгС/л), III – нормальный уровень пищи + облучение и IV – голодание + облучение. Особей из III и IV групп облучали с первых по пятные сутки на лабораторной установке, непрерывно генерирующей ЭМИ РЧ с частотой 900 МГц и ППЭ 100 мкВт/см². После облучения *D. magna* культивировали поодиночно в лабораторных стаканах с 50 мл культуральной воды до 21-суточного возраста. Кормили ежедневно суспензией *Chlorella vulgaris*. Новорожденных и погибших особей учитывали и удаляли. В каждой группе из 1-суточных особей третьего помёта формировали поколения F1, которые не облучали и культивировали в том же пищевом режиме, что и поколение F0 до 21-суточного возраста. Выживаемость и плодовитость оценивали на ежедневной основе, Морфометрические и биохимические показатели оценивали у 1-, 10- и 21-суточных *D. magna* методом компьютерной морфометрии и МТТ-тестом соответственно. Статистический анализ осуществляли непараметрическими критериями Крускала-Уоллеса и χ^2 с поправкой Бонферрони на множественное сравнение.

Результаты. Выявлено, что пища оказывает значимое влияние на рост *D. magna* к 10–30-е сут в обоих поколениях. При недостатке пищи наблюдалось замедление роста и значимое нарушение корреляции между размером тела и длиной шипа *D. magna* ($\chi^2 = 39.87$; $df=1$; $p = 2.78 \times 10^{-10}$), возрастом и длиной тела ($\chi^2 = 5.89$; $df=5$; $p = 0.32$) и шипа ($\chi^2 = 4.32$; $df=1$; $p = 0.04$). При этом

облучение не влияло на возрастную динамику морфометрических изменений ($\chi^2 = 8.28$; $df=1$; $p = 0.14$). Выживаемость рачков из всех групп в обоих поколениях так же не была нарушена. Анализ плодовитости в поколении F0 показал, что облучение вызывает значимое снижение численности потомства у особей, получающих как недостаточное ($p = 0,02$) так и оптимальное количество пищи ($p = 0,0002$). Эффект сохранялся у потомства поколения F1 ($p = 0,03$ и $p = 0,02$ для 100% и 50% пищи). С использованием ANOVA-анализа было установлено, что облучение и количество пищи независимо и значимо изменяют МТТ-показатель в исследуемых образцах *D. magna*.

Выводы. Выявлено, что наиболее чувствительным параметром для оценки эффектов облучения ЭМИ РЧ в условиях голодания является плодовитость ракообразных *D. magna*.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-48-400010.

ДЕЙСТВИЕ СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КЗАРМ «ЗЕЛЕННЫЕ ВОЛНЫ®» НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СРЕДНЕКИСЛЫХ И НЕЙТРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

В.П.Герасименя^{1,2}, С.В.Захаров^{1,2}

¹ООО «Инбиофарм», Москва, Россия,

² Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Москва, Россия,
gerasimonia_v_p@mail.ru

Одной из актуальных проблем биологической науки является поиск новых технологий целенаправленного воздействия неионизирующего слабого электромагнитного излучения (ЭМИ) на животные и растительные организмы. Учеными ООО «Инбиофарм» в сотрудничестве с ФИЦ ХФ РАН разработано и зарегистрировано инновационное оборудование «Комплект защиты и активации роста сельскохозяйственных культур малогабаритный (КЗАРМ) «Зеленые Волны®» (патенты РФ № 2169458 и 2201665) и показано его положительное влияние на физиологические характеристики высших растений.

Целью данного исследования является изучение действия неионизирующего слабого ЭМИ, генерируемого КЗАРМ «Зеленые волны®», на регенерацию рН почвы, оказывающей влияние на физиологические характеристики высших растений, произрастающих на среднекислых и нейтральных почвах.

Материалы и методы. Семена и проростки ячменя сорт «Эло» (*Hordeum vulgare L.*) и салата Московский (*Lactuca sativa L.*). Оценку влияния промышленной частоты слабого ЭМИ на семена и проростки растений проводили в условиях лабораторного опыта. Семена в количестве 100 шт раскладывали в почву различной кислотности: среднекислая, рН-4,9 и нейтральная, рН-6,7). Почвенную культуру ставили под постоянное воздействие ЭМИ в течение 18 суток при освещении 6000 лк в дневное время с 10 ч до 20 ч и $T_{в}=22^{\circ}\text{C}$. Кислотность почвы (рН) определяли в 1, 5, 7, 11, 15 и 18 сутки. Влияние ЭМИ на интенсивность роста растений оценивали по величине сырой массы, длине корня и длине побега. Контролем служила почвенная культура, выращиваемая без воздействия ЭМИ в аналогичных лабораторных условиях. Полученные результаты обрабатывали статистически в программе СТАТИСТИКА 5.5.

Результаты. Применение КЗАРМ «Зеленые волны®» позволяет увеличить прирост биомассы салата на 30%, по сравнению с контролем при расширении нижней границы рН почвы на 28% при его выращивании от стандартной нейтральной почвы с рН= 6,0-6,5, расширяя диапазон режима культивирования салата за счет снижения кислотности среднекислой почвы за 18 суток наблюдения на 21%, с рН= 4,75 до рН= 5,74 и переводя ее по

существующей классификации в слабокислую почву. Среднекислая почва раскисляется и становится слабокислой. При выращивании ячменя на среднекислой почве в условиях полевого воздействия ЭМИ прирост биомассы ячменя увеличивается до 20% по сравнению с контролем при расширении нижней границы рН почвы при выращивании ячменя на 45% от стандартной щелочной почвы с рН= 6,8-7,5.

Выводы. Характерным показателем эффективности полевого воздействия неионизированного слабого ЭМИ КЗАРМ «Зеленые волны®» на среду при выращивании растений на среднекислой почве является расширение нижней границы рН почвы, при которой происходит раскисление среднекислой почвы в слабокислую почву, приводящую к значительному увеличению: прироста биомассы проростков, динамики роста побега проростков, роста корня проростков.

РАЗДЕЛ 2. РАДИОБИОЛОГИЯ И ГИГИЕНА ИЗЛУЧЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА КРЫС-САМЦОВ НА ПОСТНАТАЛЬНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ И ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1745 Гц)

Н.В. Чуешова

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь,
natalya-chueshova@tut.by

Целью данного исследования явилось изучение эффектов влияния и отдаленные последствия воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения от мобильного телефона (ЭМИ) на репродуктивную систему (РС) крыс-самцов, на различных этапах онтогенеза, и в антенатальном периоде развития.

Материалы и методы. Исследования *in vivo* выполнены на 444 белых крысах-самцах (исходный генотип Вистар), возрастом 50-52 дня на начало эксперимента. Животных подвергали воздействию ЭМИ МТ на частоте 1745 МГц, 8 час/день, ППЭ 0,2-20,0 мкВт/см², на протяжении трех поколений.

Результаты. Установлено, что ЭМИ МТ вызывает морфофункциональные изменения в РС крыс-самцов, характер и выраженность которых зависит от длительности экспозиции и возраста животных. Наиболее выраженные морфофункциональные изменения установлены у самцов на стадии ранней половой зрелости (57-59 дней), характеризующиеся увеличением массы эпидидимисов и семенных пузырьков, а также инициацией сперматогенного процесса, проявляющийся ранним спермиогенезом – преждевременное половое созревание (в 3 раза), при выраженном снижении жизнеспособности зрелых половых клеток.

Изменения в РС самцов, подвергнутых длительному воздействию ЭМИ от МТ (60 и 90 суток воздействия) характеризуется выраженной реакцией сперматогенного эпителия, проявляющейся значительным снижением жизнеспособности зрелых половых клеток и повышением уровня тестостерона в сыворотке крови.

Хроническое воздействие ЭМИ МТ (ежедневно, 8 час/день) на организм крыс-самцов и самок на протяжении трех поколений, сказалось на снижении рождаемости, и наиболее значительное в третьем поколении. Анализ морфофункционального состояния РС потомства крыс-самцов в возрасте 2, 4 и 6 месяцев показал наиболее выраженные изменения у 2 месячных животных 2 и 3 поколения, что характеризовалось повышением зрелых половых клеток (активация спермиогенеза), падением их жизнеспособности и увеличением фрагментации ДНК в них, а также повышенным содержанием тестостерона в сыворотке крови.

Выявленные особенности изменений в морфофункциональном состоянии РС потомства крыс-самцов, рожденного от родителей подвергавшиеся длительному воздействию ЭМИ МТ в период их постнатального развития (с

50-52 до 140-142 дневного возраста), свидетельствует о том, что данное воздействие является фактором, приводящим к угнетению репродуктивной функции у животных последующих поколений. Установлено снижение количества зрелых половых клеток – сперматозоидов и выраженное ухудшение их жизнеспособности, а также усиление секреции тестостерона.

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

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 5G СОТОВОЙ СВЯЗИ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ (КОЖА- КРИТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА)

З. А. Воронцова¹, Ю. Г. Григорьев²

¹ ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

² ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

z.vorontsova@mail.ru

В отличие от уже существующих беспроводных технологий 2G, 3G и 4G, где используются электромагнитные поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), стандарт 5G работает с миллиметровыми волнами (ММВ) с одновременным распространением программы IoT (Internet of Things) – интернет связь между «вещами», как домашнего употребления, так и другими объектами, например на транспорте, на производстве. Для стабильной дополнительной доставки ММВ на всю территорию нашей планеты в настоящее время в космосе уже находятся более 800 спутников. ММВ легко экранируются зданиями, листвой деревьев. На расстояние ММВ влияют погодные условия – снег, дождь, туман. Учитывая это, под воздействием будет находиться кожа. Таким образом, при оценке опасности ММВ возникает новый критический орган – кожа.

Известно, что структурные и тканевые компоненты кожи находятся в согласованном взаимодействии напрямую или опосредовано, формирующие единую систему, воспринимающую на себе все внешние воздействия окружающей среды. Локальное поражение кожи – органа, характеризующегося полифункциональностью, индуцирует изменения во многих других органах и тканях, определяя системный подход при исследовании. Кожа имеет самую богатую иннервацию, причем не только чувствительную, но и эфферентную, представляя собой рецепторное поле и при запредельных экстремальных воздействиях на него могут возникать катастрофические последствия. На клетках Лангерганса эпидермиса замыкаются три регуляторные системы организма: нервная, эндокринная и иммунная, представляющие систему первичного реагирования, оповещения и защиты – регулирующую внешний обмен, барьерную функцию эпителиев и соединительной ткани организма, что обеспечивает внутреннюю настройку системы и возможность адаптивных изменений в ней, характеризуя пластичность ее компонентов. Кожа представляет большой интерес не только в связи с ее доступностью для биопсии, но и диагностической информативностью в прогнозировании состояний на уровне организма, которые предопределяет самая многочисленная тучноклеточная популяция, позволяющая получить данные о наличии зависимости между их индивидуальными свойствами в дерме кожи при воздействии ММВ по индексу реактивности и оценить нарушение гомеостаза, определив алгоритм поражения и защиты.

Таким образом, кожа является важным критическим органом при оценке опасности для населения постоянного пожизненного воздействия ММВ.

5G СТАНДАРТ СОТОВОЙ СВЯЗИ – РЕАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Ю.Г. Григорьев¹, Г.В. Козьмин², Е.И. Сарапульцева³, Ю.С. Романко⁴

¹Федеральный медико-биофизический центр им. А.И. Бурназяна.

Российская комиссия по защите от неионизирующего излучения, Москва, Россия,

²ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия,

³Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Обнинск, Россия,

⁴Первый Московский государственный медицинский университет, Москва, Россия

helen-bio@yandex.ru

Современная среда обитания человека и живых организмов характеризуется стремительно растущим электромагнитным фоном, который может оказывать негативное воздействие на человека и биоту. В настоящее время реально возникла проблема экологической безопасности в связи с внедрением в систему сотовой связи 5G стандарта с использованием миллиметровых волн (ММВ) электромагнитного диапазона. Для обеспечения глобальной связи на всей планете в марте 2018 года Федеральная комиссия по связи США (FCC US) утвердила план о запуске 4425 спутников. Фактически население планеты и её природная среда будут постоянно находиться под влиянием ММВ.

Цель работы состояла в оценке потенциальной экологической опасности электромагнитного воздействия генерирующих систем 5G технологии сотовой связи на природные и аграрные экологические системы.

Материалы и методы. Исходными данными явились собственные результаты, а также опубликованные материалы отечественных и зарубежных авторов в области радиобиологии неионизирующих излучений.

Результаты. Введение новых источников ММВ, работающих параллельно с уже существующими мобильными технологиями 2G / 3G / 4G, создает принципиально новую электромагнитную среду обитания человека и живых организмов, существенно отличающуюся от электромагнитной среды, сопутствующей эволюции биосферы на протяжении многих миллионов лет. К настоящему времени сформировалось представление об энергетической и биоинформационной роли электромагнитных излучений различных спектральных диапазонов в функционировании природных экосистем (Гурвич, 1945, Пресман, 1968, Рорр, 1979, Казначеев, Михайлова, 1985, Григорьев, 2000, 2019, Козьмин, Гераськин, Санжарова, 2015, Сарапульцева, 2018 и др.). Особенности взаимодействия ММВ с биологической тканью живых организмов заключаются в формировании резонансных эффектов на молекулярно-клеточном уровне (Frohlich, 1980, Девятков, Голант, 1985, Бецкий, 1999 и др.), вызывающих изменения структуры РНК и ДНК, нарушение транспортных функций мембраны клеток и др. эффекты. С учётом

низкой проникающей способности ММВ к потенциально уязвимым биологическим объектам следует отнести возбудителей болезней растений, насекомых, животных и человека; растения в фазе цветения (действие на пыльцу, она же - кормовая база для пчёл, шмелей и других насекомых); сами насекомые; фитопланктон пресноводных экосистем, а также потребляющих его простейшие организмы. Последствия воздействия ММВ на биоту и урожайность сельскохозяйственных культур практически не изучены.

Выводы. Необходимо акцентирование международных и государственных программ на исследования последствий воздействия ММВ на потенциально уязвимые (референтные) организмы природных и аграрных экосистем с практическим выходом на разработку методов биомониторинга и экологическое нормирование.

**ПЛАНЕТАРНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ ОТ ИСТОЧНИКОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ И ВОЗМОЖНЫЕ КРИТЕРИИ
ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ
(мнение отечественного радиобиолога)**

Ю.Г. Григорьев

ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения

Напряженность ЭМП в среде обитания человека возросла более 1000 раз. С точки зрения эволюции этот рост можно рассматривать как мгновенный скачок со сложно предсказуемыми медицинскими и биологическими последствиями.

Электромагнитные поля радиочастот (ЭМП РЧ) относятся к вредным видам излучения и, как следствие, обязательно должны быть обоснованные санитарные стандарты. Однако ВОЗ за 30 лет не гармонизировала стандарты ЭМП РЧ. Они отличаются в разных странах более чем на пять порядков от 0,005 до 1000 мкВт/см². В течение последних двух лет начал активно использоваться 5G стандарт с использованием ЭМП миллиметрового диапазона, не имея ПДУ. Происходит ежедневное тотальное облучение ЭМП населения на всей планете, включая 5G стандарт, в отсутствие согласованных единых стандартов, что можно характеризовать, как аморальное ожидание возможного развития отдаленных последствий.

Не находят признания со стороны большинства международных научных организаций (ВОЗ, ICNIRP, IEEE, FCC US и др.) решения об опасности развитие опухолей мозга при использовании сотовой связи (СС). Не оцениваются Решение IARC, что ЭМП СС могут являться промоторами развития рака мозга (2011). Оспариваются положительные результаты эпидемиологических наблюдений ряда стран (Швеция, США, Великобритания, Финляндия), и уникальные результаты двух классических хронических экспериментов, проведенных в США и Италии (стоимость экспериментов соответственно 300 млн. долларов США и 50 млн. Евро), где показана возможность развития опухолей мозга под влиянием ЭМП РЧ при допустимых интенсивностях.

В качестве критерия оценки опасности ЭМП РЧ для населения имеют значимость дети, которые впервые за весь период цивилизации подвергают свой головной мозг ЭМП, являются уязвимы к физическим факторам внешней среды (Бюл. ВОЗ, 2003). За рубежом проводятся исследования с помощью дистанционного опроса, либо эпизодические кратковременные наблюдения. Единственные психофизиологические исследования школьников – пользователей мобильных телефонов и др. гаджетов проводятся в России уже в течение 14 лет (Хорсева Н. И., Григорьев Ю.Г.). Были отмечены статистически значимые ухудшения показателей

сенсомоторных реакций, работоспособности, повышенная утомляемость, нарушения когнитивных функций у школьников.

Имеется достаточно результатов соматических и генетических исследований в основном при кратковременном воздействии ЭМП РЧ, частично проанализированных и заслуживающих рассмотрения. Продвижению мер по безопасному использованию СС препятствует наличие финансового лобби промышленности, пропагандирующее концепцию о полной безопасности ЭМП СС, что тормозит исследования по проблеме и переводит её в русло постоянных дискуссий, уже более 25 лет.

Использование СС важно, полезно, удобно и логично поддерживается населением. По нашему мнению, в этой ситуации мерами снижения ЭМ нагрузки на население являются:

- а) полная информация населения о возможно опасности ЭМП;
- б) создание у населения доминанты «персонального риска».

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭМИ РЧ (2,4 ГГц) ОТ РОУТЕРА СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ WI-FI НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОВЕНЬ КЛЕТочНОЙ ГИБЕЛИ В ЯИЧНИКАХ *D. MELANOGASTER*

О. В. Шаховская, Е. В. Цуканова, К.М. Фабушева

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

s.o.v.94@mail.ru

Использование источников электромагнитного излучения: сотовая связь, компьютеры беспроводные средства доступа в интернет и других, максимально приближенных к человеку, приводит к увеличению техногенной компоненты электромагнитного излучения (ЭМИ). Стремительное развитие технологий с использованием электромагнитной энергии, увеличение потребностей в использовании компьютеров, планшетов и сотовых телефонов, для выхода в интернет обусловили широкое распространение системы беспроводной связи Wi-Fi, для подключения к которой используется специальные маршрутизаторы – Wi-Fi-роутеры, с частотой излучения 2,4 ГГц. На сегодняшний день система беспроводной связи Wi-fi используется практически повсеместно и человек в независимости от возраста и вида деятельности, пребывает в зоне влияния данного источника ЭМИ радиочастотного диапазона (РЧ) практически круглосуточно, что обуславливает актуальность изучения хронического влияния данных приборов на живые организмы, изучение механизмов и отдельных последствий этого воздействия.

Цель: изучение влияния ЭМИ РЧ (2,4 ГГц) от роутера системы беспроводной связи Wi-Fi на репродуктивные показатели и уровень клеточной гибели в яичниках *D. melanogaster*.

Материалы и методы. После синхронизации популяций *D. melanogaster* линий Canton-S и Hsp22 вылетевших мух подсчитывали, разделяли по полу и ставили на облучение. Установкой облучения служил беспроводной Wi-Fi маршрутизатор, работающий на частоте 2,4 ГГц. Контрольные группы содержались в стандартных комнатных условиях. Группы «облучение» подвергались постоянному (на протяжении получения поколения мух F1) влиянию ЭМИ РЧ 2,4 ГГц от роутера Wi-Fi в стандартных комнатных условиях. В анализ F1 входили такие показатели, как количество куколок, количество вылетевших особей, соотношение мужского и женского пола, уровень клеточной гибели в яичниках.

Результаты. При анализе потомства F1 облученных дрозофил линии Canton-S отмечено достоверное увеличение количества куколок на 28,15% относительно контроля. Так же увеличилось количество не вылетевших дрозофил – на 52,73%, а соотношение полов не имеет существенных различий между группами (1:0,97 – самец:самка). Уровень клеточной гибели в яичниках дрозофил линии Canton-S повышается незначительно – на 3,33% относительно контроля. Поколение F1 линии Hsp22 характеризуется снижением репродуктивных показателей: достоверное снижение количества

куколок на 12,95% и не вылетевших дрозophil на 3,33%; соотношение полов смещено в сторону самцов – 1:0,91. Количество апоптотических клеток в яичниках дрозophil линии Hsp22 в группе «облучение» превышает контрольные значения на 87,5%.

Выводы. Воздействие роутера системы беспроводной связи Wi-Fi оказало влияние на репродуктивные показатели дрозophil F1. Значительное повышение уровня клеточной гибели в яичниках было отмечено у дрозophil линии Hsp22.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

А.Л. Васин¹, Ю.Г. Григорьев², Н.И. Хорсева³

¹ ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

²ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

³Институт биохимической физики им. Н.М Эмануэля РАН, Москва, Россия

vasinimbp@gmail.com

Рассмотрены условия воздействия электромагнитного излучения систем мобильной связи на население. Учитывая полученные научные результаты о неблагоприятном действии сотовой связи на организм, массово предлагаются различные защитные устройства, основанные на «нетрадиционных» методах защиты от электромагнитных полей радио частот. Как правило, действие таких устройств, по мнению их авторов, основаны на использовании новых не признанных физических факторов, считающиеся ими «ноу-хау». Предлагаемые авторами положительные результаты одиночных тестирований не были подтверждены в независимых лабораториях, как правило, не публиковались в профильных рецензируемых журналах, а сами методы не имеют аккредитацию или не запатентованы. Данная ситуация оценивается как опасная. Например, при продаже этих средств индивидуальной защиты в школах, авторы их рекламируют, как средство максимальной защиты школьников и, как следствие, возможность использования гаджетов детьми без ограничений, не соблюдая существующие рекомендации ГОСТа и СанПиН'ом 2003 года.

В 2002 г. Российским национальным комитетом по защите от неионизирующих излучений было сформулировано четкое мнение о возможности их использования. «Активная коммерческая реклама изделий «нетрадиционной» защиты с использованием псевдонаучной терминологии отвлекает ресурсы организаций в ущерб реальным мероприятиям по защите здоровья и охране труда работающих... РНКЗНИ считает, что использование средств защиты, основанных на указанных нетрадиционных методах и технологиях, недопустимо как населением, так и работающими в условиях воздействия неблагоприятных факторов».

СИСТЕМА, МИНИМИЗИРУЮЩАЯ ИЗЛУЧЕНИЕ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

А.Н. Баранов

Индивидуальный предприниматель, Москва, Россия

89261624309@mail.ru

Электромагнитное поле (ЭМП) радиочастотного диапазона, используемое мобильными телефонами и смартфонами, является вредным фактором. Санитарные правила и нормы содержат пункт рекомендуемый ограничить возможность использования сотового телефона (СТ) лицами не достигшими 18 лет, женщинами в период беременности, людьми, имеющими имплантированные водители ритмов. Остальным предписано максимально возможное сокращение времени использования СТ.

Целью было разработать устройство позволяющее обеспечить максимальную защиту от ЭМП СТ при сохранении привычного всем способа использования СТ.

Материалы и методы. В современных сотовых сетях телефон излучает именно ту минимальную мощность, которая ему необходима для поддержания связи. При неизменном потоке электромагнитного излучения (ЭМИ), существует три способа защиты: временем, экранированием и расстоянием. Снижение выходной мощности передатчика телефона - единственный способ максимально безопасного использования СТ в привычном режиме. Однако сигналу для преодоления расстояния от аппарата до приемника базовой станции требуется мощность. Эту задачу удалось решить: снизить излучаемую мощность в сотни раз и при этом обеспечить связь.

Результатом стало создание системы позволяющей компенсировать затухание сигнала СТ. Это автоматически вызывает снижение выходной мощности передатчика СТ и степень облучения абонента. В ходе эксперимента в стандарте GSM1800, применение разработанной системы позволило добиться снижения выходной мощности СТ с 1000мВт до 1 мВт.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют, что применение разработанной системы позволяет сделать использование СТ максимально безопасным. У изобретения отсутствуют зарубежные аналоги, система имеет невысокую цену и готовится к серийному выпуску. Если будет предоставлена возможность, работа прототипа (серийного образца) будет продемонстрирована на Съезде.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАГРУЗКА, СОЗДАВАЕМАЯ ТЕРМИНАЛАМИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ, ВЛИЯЕТ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Рыбалко С.Ю., Яценко С.Г

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Министерства науки и высшего образования России, Симферополь
kphis012@yandex.ua

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) *методом краудсорсинга по 1 850 отчетам о детализации звонков операторов мобильной связи определяли индивидуальную электромагнитную экспозицию (ИЭЭ)*. За ИД принимался интервал времени соединения, в течение которого ТМС имеет максимальную мощность электромагнитного излучения, величина которого линейно связана с загруженностью мобильной сети в данном регионе. Используя полученные данные рассчитывали длительность электромагнитной экспозиции (ДЭЭ). 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 с использованием линейного корреляционного анализа по Пирсону.

Результаты. Проведен мониторинг электромагнитной обстановки создаваемой мобильной связью на территории республики Крым. Определена средняя за год плотность потока энергии (ППЭ) равная $1,43 \pm 0,09$ мкВт/см² при колебаниях от $0,94$ мкВт/см² в Белогорском районе, до $2,04$ мкВт/см² в г. Симферополь. Рассчитанная индивидуальная электромагнитная нагрузка (ИЭН) по Крыму в среднем была равна $117,8 \pm 6,55$ (мкВт/см²)•мин. ИД по Крыму находился в пределах от $6,32 \pm 0,19$ с в Джанкойском районе до $11,31 \pm 0,23$ с в г. Симферополь. Среднее значение по Крыму было равно $9,05 \pm 0,41$ с. Среднесуточная ДЭЭ составила $57,57 \pm 1,15$ мин. Выявлены статистически достоверные (на уровне $p < 0,05$) корреляционные связи между годовыми значениями ППЭ и показателями общей заболеваемости (ПОЗ) БСК ($\tau = 0,399$) и показателями первичной заболеваемости (ППЗ) повышенным кровяным давлением (ПКД) ($\tau = 0,304$). Также были обнаружены достоверные корреляционные связи ИЭН с ПОЗ БСК ($\tau = 0,437$), ПОЗ ПКД ($\tau = 0,377$) и ППЗ ПКД ($\tau = 0,342$). При анализе в целом за год исследования обнаружены достоверные ($p < 0,05$)

корреляционные связи между ДЭЭ и ППЗ ПКД ($\text{Tau}=0,299$) и ППЗ цереброваскулярными болезнями (ЦБВ) ($\text{Tau}=0,411$).

Вывод. Результаты работы подтвердили гипотезу о влиянии электромагнитной обстановки, создаваемой мобильной связью, на распространенность болезней системы кровообращения и имеют сложный временной и территориальный характер, что требует дальнейших исследований в этом направлении.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-013-01028А.

ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭКРАНОВ КОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЛИЯЕТ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

С.Г. Яценко, С.Ю. Рыбалко

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,

Симферополь, Россия

yswet.net@mail.ru

На сегодняшний день практически все экраны коммуникационных устройств (КУ) имеют полупроводниковую светоизлучающую диодную (LED - light emitting diode) или органическую светоизлучающую диодную (OLED - organic light-emitting diode) подсветку экрана. Как LED, так и OLED имеют непривычный нашему глазу спектральный состав, в том числе HEVL (High Energy Visible Light), который имеет целый ряд биологических эффектов, включая кардиотропный, возможно опосредовано через мелатонин. Таким образом, представляется интересным исследование функционирования сердечно – сосудистой системы при влиянии светодиодного излучения. В связи с этим была сформирована цель исследования: анализ изменения показателей variability сердечного ритма (BCP) под влиянием светового излучения от экранов коммуникационных устройств с различной подсветкой.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 15 юношей-добровольцев в возрасте $20,4 \pm 1,3$ года. Для регистрации кардиоинтервалов применялся автоматизированный способ с использованием электронного кардиографа (Поли-Спектр-8/EX, Нейрософт) по стандартной методике. Оценка BCP производилась с использованием SI (индекс напряжения регуляторных систем), SDNN (среднеквадратичное отклонение), CV (коэффициент вариации), Mo (мода R-R интервалов, мс), AMo (амплитуда моды, %), HBR (частота сердечных сокращений, уд/мин). Экспозиции световым излучением (в качестве источников которого использовали экраны КУ с различными матрицами и подсветками: CCFL (люминисцентная подсветка), LED и AMOLED) предшествовала фоновая запись ЭКГ, которая использовалась в качестве контроля.. Измерение освещенности и спектрального распределения у данных источников проводилось спектрофотометром BTS256-LED, Gigahertz-Optik, Германия. На каждом типе экрана, а также на бумажном носителе применялось стандартное изображение. Статистическая обработка информации осуществлялась с помощью программного обеспечения MedStat с проверкой вариационных рядов на нормальное распределение, с дальнейшим применением непараметрических статистических методов, вычислением медианы (Me), верхнего и нижнего квартилей (Q1;Q3). Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. Анализ показателей BCP показал статистически значимое уменьшение Mo (в мс) при воздействии разных источников подсветки экранов в сравнении с фоновой записью (810 (744; 855)). Наиболее выраженное уменьшение Mo (на уровне $p=0,011$) наблюдалось при сравнении с

воздействием излучения от AMOLED (673 (652; 773)) менее выраженное от CCFL (730 (678; 817)). Следует отметить, что при воздействии AMOLED наблюдается выход M_o за границы нормальных значений (700 – 1100 мс). Статистически значимые отличия наблюдались при сравнении SI фонового (83 (58; 123)) и при воздействии LED (131 (108; 224), $p=0,007$), а также AMOLED (114 (80; 225), $p=0,026$). Тенденция к повышению SI отмечается и при излучении CCFL (103 (83; 152), однако различия имеют недостоверный характер ($p=0,097$). Увеличение SI свидетельствует о доминировании симпатического отдела ВНС и повышенном уровне централизации управления сердечным ритмом со стороны ЦНС.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии оптического излучения экранов КУ на ВСР и реактивный вегетативный тонус организма.

ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫМИ ТЕЛЕФОНАМИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ.

Н.И.Хорсева¹, В.А.Марахова²

¹Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия,
Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Химкинский лицей, Химки, Россия,

sberidan1957@mail.ru

В настоящее время можно считать доказанным, что использование мобильного телефона (МТ) ухудшает все психофизиологические показатели [Grigoriev Y.G., Khorseva N.I. in book Mobile Communications and Public Health Edited by Marko Markov 2019 by Taylor & Francis Group, LLC p 237-253]. В связи с этим актуальным является вопрос формирования культуры пользования устройством, прежде всего в образовательных организациях, где происходит становление личности ребенка.

Цель исследования – оценить эффективность профилактических мероприятий, направленных на формирование культуры пользования мобильными телефонами (МТ).

Материалы и методы. Разработан и внедрен цикл профилактических мероприятий, направленных на формирование культуры пользования мобильными телефонами среди участников образовательного процесса, опирающийся на нормативно-правовой блок (в соответствии с законодательством, рекомендациями вышестоящих инстанций и локальными положениями учреждения) и устанавливающий режим и правила использования устройств во время образовательного процесса. Полная циклограмма мероприятий включает в себя реализацию на всех уровнях: административном (правовая и методическая поддержка, выработка стратегии), педагогическом (мероприятия в классах и параллелях, разновозрастные мероприятия и исследовательская деятельность, диагностика и коррекция), ученическом (равноправное участие в реализации задач, инициативность, учебно-исследовательская работа), в том числе с привлечением официальных представителей обучающихся. Для реализации отдельных мероприятий возможно участие приглашенных специалистов.

Оценка эффективности профилактических мероприятий осуществлялась по результатам мониторинга психофизиологических показателей (произвольного внимания и смысловой памяти) и режима пользования мобильными телефонами. В период с 2014 года по настоящее время под наблюдением находятся 608 учащихся 1-6 классов Химкинского Лицея, 486 из которых мониторируются от 2 до 6 лет.

Результаты. По результатам мониторинга режима пользования МТ установлено, что возросло число учащихся, которые используют безопасный режим пользования МТ (громкая связь, использует гарнитуру, SMS, MMS, видеозвонок и пр.) с 16,9% до 33,6%; «переход к безопасному режиму» (держит около уха на расстоянии 2-5 см, чаще использует громкую

связь, чем и подносит аппарат к уху и пр.) с 13,4% до 19%. Снижается число учащихся, которые при разговорах подносят телефон к уху с 68,2% до 46,3% с одновременным снижением ежедневным временем пользования. Анализ мониторинга психофизиологических показателей показал, что у учащихся, перешедших на безопасный режим пользования МТ, психофизиологические показатели практически во всех случаях возвращались в возрастные нормы.

Выводы. Доказано, что целенаправленная и постоянно действующая система профилактической работы в образовательном учреждении, учитывающая все уровни взаимодействия и включающая в себя разнообразные формы деятельности, эффективно позволяет формировать культуру пользования МТ среди участников образовательного процесса.

МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ И НАШИ ДЕТИ: СИТУАЦИЯ ТРЕБУЕТ РЕШЕНИЯ

Н.И.Хорсева

¹Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия,
Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

sberidan1957@mail.ru

Неоспоримые преимущества мобильной связи давно стали неотъемлемой частью существования цивилизации, и на второй план ушли открытость и неконтролируемость электромагнитного излучения (ЭМИ) мобильных телефонов (МТ). И все-таки мы ими пользуемся, несмотря на то, что в 2011 году Международным агентством по исследованию рака (IARC) ЭМИ МТ отнесено к категории 2В – потенциально опасных и приводящих к развитию рака головного мозга. Тем не менее, многие ученые до сих пор считают, что никакого негативного излучения МТ нет. Однако с каждым годом находится все больше неоспоримых доказательств о негативном влиянии излучения мобильных телефонов на всех уровнях организации живого организма, в том числе на центральную нервную систему. Напомним, что МТ мы подносим к голове, и, следовательно, наш головной мозг подвергается воздействию ЭМИ. Но особенно важно отметить, что в настоящее время и возрастной ценз использования МТ снизился. Действительно, современное подрастающее поколение – активные пользователи. Но именно поэтому оно попадает в зону особого риска, поскольку растущий организм на всех этапах своего развития наиболее уязвим к воздействию различных внешних факторов (WHO, Background, N3, 2003), о чем неоднократно отмечалось в решениях Российского Комитета по защите от неионизирующего излучения (РНКЗНИ) (2001, 2004, 2008 и 2011 года)

В России за последнее время был опубликован целый цикл статей, монографии, главы в зарубежных изданиях (США: Grigoriev Y.G., Khorseva N.I. in book Mobile Communications and Public Health Edited by Marko Markov 2019 by Taylor & Francis Group, LLC p 237-253), касающихся, в частности, уникальных, единственных в мире 14-летних исследований – МОНИТОРИНГА психофизиологических показателей детей – пользователей мобильной связью. В частности, ранее, в книге [Ю.Г.Григорьев, Н.И. Хорсева «Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применения мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям М.: Экономика, 2014-230с] даны рекомендации по безопасному использованию мобильной связи детьми и подростками на основании результатов мониторинга.

В последнее время и государственные структуры России обратили внимание на проблему негативного влияния излучения мобильных телефонов на организм подрастающего поколения. 14 августа 2019 года вышли «Методические рекомендации об использовании устройств мобильной связи в общеобразовательных организациях», утвержденные руководителями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (№ МР 2.4.0150-19) и Федеральной службы по надзору

в сфере образования и науки (№ 01-230/13-01). 10 января 2020 года на сайте Роспотребнадзора опубликованы рекомендации родителям по безопасному использованию мобильного телефона. В этих рекомендациях на государственном уровне было подтверждено, что дети 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 детей и подростков для всех имеющихся современных низкоинтенсивных источников электромагнитного излучения, включая Wi – Fi. Разработать инструкцию-вкладыш для каждого аппарата по безопасному режиму пользования МТ.

**РАЗДЕЛ 3. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ПЛАЗМЫ, ЛАЗЕРА, УФ,
ВИДИМОГО СВЕТА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМОЙ

Е. А. Пряхин¹, Л. И. Уруцкоев², Е. В. Стяжкина^{1,3}, Н. Д. Пилиа²

¹ Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА
России, Челябинск, Россия

² Сухумский физико-технический институт АНА, Сухум, Абхазия

³ Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

pryakhin@yandex.ru

Исследования высокотемпературной и низкотемпературной плазмы широко проводятся как в интересах фундаментальной, так и прикладной физики. Важной проблемой является оценка безопасности и определение биологического действия факторов, связанных с индукцией горячей и холодной плазмы.

Целью данного исследования являлось изучение биологического действия факторов, связанных с высокотемпературной и низкотемпературной плазмой.

Материалы и методы. Факторы, связанные с высокотемпературной плазмой (рентгеновское, нейтронное излучение) индуцировали на установке плазменного фокуса КПФ-4. А факторы, связанные с низкотемпературной плазмой (световая вспышка, импульс магнитного поля, излучение неизвестной природы, оставляющее специфические треки, ранее получившее название «странного» излучения) индуцировали с помощью сильноточного взрыва проводников в вакууме на установке «Гелиос» (СФТИ, Абхазия). Для прояснения роли различных факторов использовали следующие материалы экранирования: бериллий; черная фотонепроницаемая бумага; алюминий; свинец. Изучалось комбинированное действие исследуемых факторов на индукцию повреждений ДНК в лейкоцитах периферической крови человека (метод ДНК комет), на прорастание и скорость роста семян латука, на рост зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda*, на индукцию хромосомных aberrаций в клетках меристемы корня проростка семян лука (*Allium Cepa*). Статистический анализ проведен с применением многофакторного анализа признаков сопряженности в главной линейной модели.

Результаты. Установлено, что во всех 4-х биологических моделях было зарегистрировано биологическое действие «странного» излучения. Такое биологическое действие проявлялось в следующих эффектах: 1) в снижении уровня повреждения ДНК в лейкоцитах периферической крови человека; 2) в снижении длины корня, проростка и, соответственно суммарной длины проростка семян латука; 3) в снижении доли одноклеточных и, соответственно, увеличении доли четырехклеточных ценобиов в культуре зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda*; 4) в повышении частоты хромосомных aberrаций в клетках корня лука. Материалы экранирования модифицируют биологическое действие «странного» излучения. Высказана

гипотеза, что биологическое действие «странного» излучения связано с повреждением ДНК за счет индукции сшивок ДНК-ДНК и сшивок ДНК-белок.

Выводы. Выявлено биологическое действие факторов, связанных с высокотемпературной и низкотемпературной плазмой, которое на основе результатов многофакторного дисперсионного анализа может быть связано с действием излучения неизвестной природы, оставляющего специфические треки на ядерных эмульсиях и других материалах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Академии наук Абхазии в рамках научного проекта № 19-52-40003.

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕДЕСТРУКТИВНОЙ ПЛАЗМЫ

Горбатов С.А., Иванов И.А., Тихонов А.В., Тихонов В.Н., Шестериков А.Ю.
Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Недеструктивная плазма атмосферного давления (АНДП) обладает температурой близкой к комнатной, тем не менее, она может окислять различные микроорганизмы и разрушать не только их оболочки, но и ДНК вирусов и бактерий. Это дает возможность использовать активные факторы и компоненты АНДП для осуществления воздействия (например, с целью стерилизации) на такие теплочувствительные материалы как полимеры и биологические ткани, в том числе *in vivo*.

Целью данной работы является презентация стационарного малобюджетного микроволнового источника АНДП, предназначенного для проведения исследований и работ в области биологии, медицины и экологии.

Материалы и методы. АНДП может быть получена с помощью коронного, поверхностного и тлеющего атмосферных разрядов, а также диэлектрического барьерного. В последние годы также возрастает интерес к использованию сверхвысокочастотных (СВЧ) генераторов в качестве источников энергии для получения низкотемпературной и недеструктивной плазмы. В частности, германо-японская фирма Adtec Europe Ltd производит установки MicroPlaSter, сертифицированные для клинического применения, в которых для получения АНДП использован многоэлектродный СВЧ разряд в потоке аргона.

Мы предлагаем использовать в качестве источника АНДП электродный СВЧ разрядник коаксиальной конфигурации. Основу его составляет резонансный отрезок жесткого коаксиального фидера, запитываемый от прямоугольного волновода. Центральный проводник коаксиала проходит сквозь волновод посередине его широких стенок перпендикулярно к ним. Один из выступающих концов коаксиала замкнут накоротко, на втором обеспечены условия холостого хода. По оси центрального проводника со стороны холостого хода выполнены радиальные пропилены резонансной длины. Подача рабочего газа (аргона) в зону разряда на разомкнутом конце коаксиала осуществляется по центральному проводнику, выполненному в виде полый трубки.

В результате проведенных испытаний было установлено, что при соответствующей настройке параметров электромагнитной системы установки разряд происходит самостоятельно и устойчиво поддерживается в течение длительного времени. Для снижения температуры исходящей плазменной струи в случае продолжительной работы предусмотрено принудительное водяное охлаждение внешнего наконечника разрядника.

Таким образом, сотрудниками ВНИИРАЭ предложена, разработана и построена установка для генерации АНДП, которая будет использоваться при проведении экспериментов, в том числе по стерилизации различных поверхностей и порошков.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 20-08-00894.

ДЕЙСТВИЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ НА ФИТОПАТОГЕНЫ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

М.Г. Помясова, Д.И. Петрухина, Е.И. Карпенко, В.А. Харламов

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии, Обнинск, Россия

mariya-zelenetskaya@mail.ru

Грибковые фитопатогены ежегодно наносят серьезный ущерб сельскохозяйственной продукции. Более 10 лет назад зарубежные ученые начали внедрять плазменные технологии для повышения жизнеспособности семян, а также для защиты их от различных грибковых заболеваний. Нетермальная плазма в сельском хозяйстве применяется в основном, для дезинфекции продуктов и сельскохозяйственных культур после сбора урожая. Влияние нетермальной плазмы на различные фитопатогены зерновых культур, таких как *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.* [3, 4, 5] приводит к инактивации этих болезней.

Целью работы являлось изучение влияния нетермальной плазмы на развитие фитопатогенов семян ярового ячменя.

Материалы и методы. Эксперимент проводили на семенах ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Владимир, которые были заражены болезнями. Семена облучали нетермальной аргоновой СВЧ-плазмой (разработанной в ВНИИРАЭ), в течение 1-30 минут. Контрольные и обработанные группы семян проращивали в соответствии с ГОСТ 12038-84. Зараженность болезнями определяли по ГОСТу 12044-93. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel.

Результаты. В результате выполненных исследований, установлено, что степень поражения семян фузариозной корневой гнилью понижается после обработки нетермальной плазмой при 30 минутах. Облучение семян ячменя 25 минут приводит к снижению степени поражения сапротрофными плесневыми грибами рода *Penicillium*, а на грибы рода *Aspergillus* после 1 минуты.

Распространенность фузариоза была ниже, чем в контроле у семян, облученных плазмой при 30 минутах, также наблюдается понижение распространенности болезни грибов рода *Penicillium* при 25 минутах и рода *Aspergillus* при 1 минуте.

Выводы. Влияние нетермальной аргоновой СВЧ-плазмы на зараженность сапротрофными плесневыми грибами родов *Penicillium* и *Aspergillus* у семян ячменя уменьшилась в 2 раза, а зараженность гельминтоспориозной и фузариозной корневой гнилью почти не изменялась.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НА ГЕНЕРАЦИЮ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ПРОБОЕ

И.В. Баймлер^{1,2}, А.В. Симакин¹, С.В. Гудков^{1,2}

¹Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Московская обл., Россия

ilyabaymler@yandex.ru

Облучение водных растворов лазерным излучением достаточно высокой мощности может приводить к формированию плазмы в растворе, т.е. к лазерному пробое. Добавление наночастиц металлов в раствор приводит к более интенсивному формированию плазмы. Известно, что лазерный пробой водных растворов наночастиц представляет собой комплексное явление, сопровождающееся образованием плазмы, диссоциацией молекул воды, генерацией различных продуктов диссоциации, акустическими и световыми сигналами. Всестороннее изучение процессов, сопровождающих лазерный пробой представляет собой актуальное направление в изучении явления лазерного пробоя в жидкостях.

Целью данного исследования является комплексное и разностороннее изучение влияния концентрации наночастиц Ni на процессы, происходящие при лазерном пробое коллоидных растворов. В их число входит генерация продуктов диссоциации молекул воды – молекулярных водорода и кислорода, перекиси водорода и короткоживущих гидроксильных радикалов, процессы генерации акустических и ударных волн, процессы формирования плазменных вспышек при лазерном пробое водных растворов наночастиц.

Материалы и методы. При проведении экспериментов по исследованию влияния концентрации наночастиц Ni на процессы, сопровождающие лазерный пробой, использовались: Источник лазерного излучения - Nd:YAG лазер ($\lambda = 1064$ нм, $\tau = 10$ нс, $\nu = 10$ Гц, $E_p = 650$ мДж, $J = 65$ Дж/см²), гальвано-оптическая система линз и зеркал для фокусировки и перемещения излучения, экспериментальная кювета, заполненная водным раствором наночастиц Ni, пьезопленки из поливинилиденфторида (PVDF) для регистрации акустических сигналов, портативные анализаторы кислорода и водорода с амперометрическими датчиками для регистрации концентрации молекулярных водорода и кислорода в кювете, спектрофлуориметр и хемиллюминиметр для измерения концентрации перекиси водорода и гидроксильных радикалов, цифровая камера Canon 75D с системой оптических фильтров для регистрации изображений плазмы пробоя.

Результаты. Экспериментально установлен вид зависимости скоростей генерации H₂O₂, ·OH, H₂O₂ от концентрации наночастиц Ni. Показано, как меняются оптические параметры плазмы – число пробоев, яркость вспышек, среднее расстояние между пробоями и средний размер пробоя от времени облучения и концентрации наночастиц Ni. Изучен процесс формирования

ударных волн при лазерном пробое, исследованы зависимости интегральных характеристик акустических сигналов от времени облучения и концентрации наночастиц.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют, что между процессами генерации продуктов диссоциации молекул воды, акустическими сигналами и светимостью плазменных вспышек существует корреляционная зависимость, свидетельствующая о взаимосвязи вышеперечисленных процессов.

Работа поддержана грантом Российского Фонда Фундаментальных Исследований (19-02-00061)

ЭФФЕКТ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 525 НМ НА КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА И ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ МЫШЕЙ *IN VIVO*

А.Р. Дюкина¹, С.И. Заичкина¹, О.М. Розанова¹, С.С. Сорокина¹, Е.Н. Смирнова¹, Д.П. Ларюшкин¹, Н.В. Минаев², В.И. Юсупов², М.М. Поцелуева¹

¹ Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино Московской области, Россия

² Институт фотонных технологий ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Троицк, Россия

dyukina@rambler.ru

В настоящее время фемтосекундные (ФС) лазеры являются наиболее перспективными в таких областях как физика, биология, медицина и другие прикладные сферы. Характерными чертами ФС лазеров являются малая длительность и высокая средняя интенсивность импульса. Имеющиеся в литературе результаты по исследованию биологических реакций и их последствий у животных, облучённых ФС лазером, трудно сопоставимы между собой в связи с использованием разных объектов, мощностей и доз облучения, а также особенностями конструкции самих источников излучения. Поэтому необходимы комплексные исследования на животных *in vivo* с использованием нескольких методов и широким диапазоном условий облучения для понимания закономерностей действия ФС лазера на живые системы не только при больших мощностях и дозах, но и при низкоинтенсивном воздействии и гипермалых дозах.

Целью исследования было изучение действия низкоинтенсивного импульсного ФС лазерного излучения на клетки цельной крови и костного мозга мышей *in vivo*.

Материалы и методы. Эксперименты проводили на самцах мышей линии SHK, на каждую точку использовали не менее 5. 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/см². В качестве положительного контроля животные были облучены рентгеновским излучением (РИ) в дозе 0.1 Гр (РУТ, г. Пущино). Через сутки все группы животных дополнительно облучали РИ в дозе 1.5 Гр по схеме адаптивного ответа и через 28 ч после этого определяли уровень цитогенетических повреждений в костном мозге с помощью микроядерного теста, и проводили гематологический анализ крови на анализаторе Beckman Coulter Ac*Т. Оценивали воздействие облучения на концентрацию лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и тромбоцитов в цельной крови.

Результаты. Обнаружено, что при всех исследованных дозах ФС лазера клеточный состав крови и уровень цитогенетических повреждений в клетках костного мозга не отличались от спонтанного фона. Предварительная обработка животных ФС лазером в дозах 3 мДж/см² (0.05 мВт), 10.4 и 31

мДж/см² (0.5 мВт) и 10 мДж/см² (5 мВт) и последующим воздействием РИ в дозе 1.5 Гр приводила к уменьшению количества цитогенетических повреждений в клетках костного мозга, т.е. индуцировала адаптивный ответ только при дозах, энергия которых соответствовала энергии адаптирующей дозы РИ (4-20 мДж/см²). Обнаружено также изменение клеточного состава крови в зависимости от дозы и мощности излучения.

Выводы. При воздействии гипернизких доз ФС лазера на мышей наблюдается адаптивный ответ в том же диапазоне энергий, как и при воздействии рентгеновским излучением.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАДИОБИОЛОГИИ

А. Ю. Сетейкин¹, М. В. Ильина¹, Е. А. Ванина¹, А. В. Алехнович²

¹Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды, Предприятие ГК «Росатом»
(ФГУП «РАДОН»)

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации
AYSeteykin@radon.ru

История инновационного применения лазерного излучения демонстрирует его повсеместный характер. На протяжении более 10 лет рассматривается возможность практического использования лазеров для адронной лучевой терапии на основе энергетического выхода ионов при интенсивных лазерно-плазменных экспериментах. Данный факт является одним из основных рассматриваемых приложений в лазерных исследованиях ускорения ионов. Следует также отметить применение лазера с накачкой электронным пучком для лучевой терапии и радиобиологии, а также использование лазерных протонных пучков для радиобиологических исследований.

В настоящее время стремительно развиваются лазерные технологии и исследования в области физики лазерной плазмы. В последнее десятилетие был достигнут значительный прогресс в области мощных лазерных технологий, когда мощность излучения достигает уровня петаватт (ПВт). При адекватной фокусировке петаваттные лазеры могут генерировать пиковые электрические поля порядка 10^{12} В/см с относительно эффективным преобразованием в релятивистские электроны с энергиями, превышающими 1 ГэВ. В свою очередь эти электроны могут генерировать пучки протонов, тяжелых ионов, нейтронов и фотонов высоких энергий. Имеется немало публикаций, посвященных возникновению ионных и электронных пучков при интенсивном лазерном облучении.

В 2007 году Линц и Алонсо опубликовали оригинальную статью под названием «Что нужно для лазерного ускорителя протонов, который будет применяться в терапии опухолей». В данной публикации был признан потенциал лазерной системы. Но при этом, оптимизм лазерных физиков не должен вызывать чрезмерных ожиданий в медицинском сообществе. Снижение стоимости и размеров лазерной системы являются главными целями при разработке лазерных ускорителей пучка частиц для лучевой терапии. Тем не менее, для подтверждения уникальных возможностей лазерных ускорителей должны быть решены многие научные и технические проблемы.

МОДИФИКАЦИЯ ЦИТОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТАМИ ИЗ ДВУХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ В ОТНОШЕНИИ КЕРАТИНОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА (НАСаТ)

М.В. Матвеенков

Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси, Гомель,
Беларусь,

matvey.matveenkov@mail.ru

Поиск и разработка новых солнцезащитных соединений, а также их композиций, составляет важнейшую часть в общей стратегии снижения последствий избыточной инсоляции. Все большее внимание исследователей привлекает возможность использования соединений и их комплексов, обладающих способностью снижать поглощенные дозы ультрафиолетового излучения, совместно с эндогенными защитными эффектами (ингибирование воспалительных процессов и активности металлопротеиназ, модификация систем репарации ДНК, антиокислительные эффекты и многие другие). В данном свете весьма перспективны вторичные лишайниковые метаболиты. Обладая широким спектром биологических активностей, данные вещества также показали способность эффективно снижать поступающие на кожу дозы УФ и ослаблять его токсическое действие в моделях клеточных культур. Таким образом, представляется актуальным широкий скрининг фотопротекторных свойств вторичных метаболитов лишайникового происхождения.

Цель данного исследования: количественная оценка модификации этанольными экстрактами из *Ramalina pollinaria* и *Cladonia arbuscula* цитотоксических эффектов ультрафиолетового облучения в отношении культуры кератиноцитов человека (НАСаТ).

Материалы и методы. Отобранные в лесах Гомельского лесхоза образцы лишайника высушивались до воздушно-сухого состояния и экстрагировались в аппарате Сокслета. Для оценки цитотоксического эффекта использовали стабильную линию кератиноцитов НАСаТ. Цитотоксический эффект определяли по изменению метаболической активности клеточных популяций, при внесении экстрактов в питательную среду с помощью МТТ-теста. Для оценки модифицирующего действия экстрактов использовали их субтоксичные концентрации. Дозы ультрафиолета подбирались на основании предварительных экспериментов, для охвата всевозможных эффектов (субтоксичный, полутоксичный, токсичный). Диапазон поглощенной дозы: 0-29,7 мДж/см² (по УФ-Б). Количественно модуляцию токсического действия УФ выражали в факторе изменения цитотоксичности равным отношению полуингибирующей дозы УФ для культур с добавлением экстракта в питательную среду и без добавления.

Результаты. Полученный фактор изменения цитотоксичности позволил выявить выраженное фотопротекторное действие этанольных экстрактов из *Ramalina pollinaria* и *Cladonia arbuscula*: их присутствие в среде

культивирования в 1,6÷2,0 раза понижало гибель клеток кератиноцитов. Так же выявлена концентрационная зависимость их защитного действия. Так, фотозащитное действие экстракта из *Ramalina pollinaria* нарастало с ростом концентрации, вплоть до 10 мкг/мл, тогда как защитное действие экстрактов из *Cladonia arbuscula* было максимальным при низких концентрациях (2,5 мкг/мл).

Вывод. Таким образом, можно заключить, что добавление этанольных экстрактов из *Ramalina pollinaria* и *Cladonia arbuscula* в питательную среду способно снижать цитотоксические эффекты облучения кератиноцитов ультрафиолетовым излучением. Данная модификация носит концентрационно зависимый характер.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАРКЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УФ-ИНДУЦИРОВАННОГО АПОПТОЗА ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА

М.А. Наквасина, В.Г. Артюхов, М.С. Радченко

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

nakvasina_ma@mail.ru

Ранее нами были исследованы механизмы апоптотической гибели лимфоцитов периферической крови доноров в условиях воздействия УФ-света (240–390 нм) в дозах 151, 1510 и 3020 Дж/м².

Целью исследования явилось обобщение данных о временных параметрах реализации различных механизмов и путей УФ-индуцированного апоптоза лимфоцитов человека, оцениваемых путем анализа динамики комплекса маркерных показателей апоптотического типа клеточной гибели.

Материалы и методы. Объектом исследования явились лимфоцитарные клетки, выделенные из гепаринизированной крови доноров. Доза УФ-облучения (240–390 нм) лимфоцитов, суспендированных в растворе Хенкса (рН 7,4), составляла 1510 Дж/м². В работе использовали методы иммуноферментного анализа, люминесценции, ДНК-комет, спектрофотометрии.

Результаты. Наибольший прирост уровня маркеров рецепторного механизма апоптоза – количества Fas-рецепторов смерти плазматических мембран и активности иницирующей каспазы-8 – приходится на время 3-4 ч после УФ-облучения. Прирост уровня активных форм кислорода в цитозоле сразу после облучения составляет 4 раза по сравнению с уровнем АФК в нативных клетках, а через 1 и 2 ч этот прирост остается на уровне 4,5-4,6 раза. Выявлено статистически значимое по сравнению с контролем повышение уровня цитозольного ионизированного кальция сразу после воздействия УФ-света на лимфоциты, а также через 1, 2, 3 и 4 ч после облучения. Клетки сразу реагируют на УФ-облучение увеличением концентрации ионов кальция в цитозоле (прирост показателя по сравнению с контролем – 24 %). Максимальный прирост уровня кальция – через 2 ч после облучения – 35 %, через 4 ч – снижается и составляет 15 %. Сразу после УФ-облучения наблюдался значительный рост активности иницирующей каспазы-12. Рост показателя р53-зависимого пути ядерного механизма апоптоза – уровня поврежденности ДНК – регистрируется сразу после облучения лимфоцитов – $3,37 \pm 0,65^* \%$ (контроль $0,52 \pm 0,33$), достигает пика через 8 ч после облучения – $21,96 \pm 3,58^* \%$ (контроль $0,77 \pm 0,23$) и снижается через 20 ч до $12,54 \pm 2,23^*$ (контроль $1,16 \pm 0,47$) %. Максимальный уровень р53 наблюдался через 8 ч после УФ-облучения лимфоцитов.

Заключение. Ключевыми медиаторами УФ-индуцированного апоптоза лимфоцитов являются активные формы кислорода и ионы кальция. «Быстродействующие» механизмы апоптоза в условиях УФ-облучения – митохондриальный и механизм, связанный с нарушением кальциевого гомеостаза («кальций-зависимый»). «Долгосрочный» – рецепторный

каспазный и ядерный. Усилителями (триггерами) митохондриального механизма апоптоза являются «кальций-зависимый» и ядерный (p53-зависимый путь). По всей вероятности, «узловые» точки быстрого регулирования УФ-индуцированного апоптоза – это системы генерации активных форм кислорода и перераспределения ионов кальция между клеточными компартментами.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2020—2022 годы, проект № FZGU-2020-0044

УФ-ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СВОБОДНЫХ И ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА МАТРИЦЕ ХИТОЗАНА ПРОТЕАЗ

С.М. Панкова, М. Г. Холявка, В.Г. Артюхов

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

sazykina.93@mail.ru

УФ-излучение является важнейшим фактором естественного и искусственного климата в современных условиях окружающей среды, оказывает постоянное влияние на живые системы. Изучение молекулярных механизмов различных фотохимических изменений в биологических системах – одна из основных задач исследования эффектов УФ-света. Фотобиологические работы дают возможность для изучения изменений белковых молекул с целью получения фотопротекторных соединений для защиты живых систем от повреждающего действия УФ-излучения.

Целью данного исследования явилось изучение влияния ультрафиолетового излучения на фотомодуляцию активности некоторых протеаз как свободных, так и иммобилизованных на матрице хитозана.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны трипсин быка фирмы «MP biomedical», коллагеназа, фицин, папаин, бромелин фирмы «Sigma-Aldrich», субстратом для гидролиза служил бычий сывороточный альбумин (БСА) фирмы «Sigma-Aldrich», носителями для иммобилизации - хитозаны, синтезированные ЗАО «Биопрогресс»: кислоторастворимые среднемолекулярный (200 кДа), высокомолекулярный (350 кДа), пищевой хитозан (> 100 кДа) и сукцинат хитозана. Иммобилизацию протеаз осуществляли адсорбционным методом. Определение количества белка в препаратах и их активности проводили модифицированным методом Лоури. УФ-облучение растворов свободных и иммобилизованных протеаз проводили с помощью ртутно-кварцевой лампы типа ДРТ-400 через светофильтр УФС-1 с полосой пропускания 240–390 нм. Дозы облучения составляли: 151, 453, 755, 1510, 3020, 4530 и 6040 Дж/м². Статистическую обработку полученных результатов проводили с применением *t*-критерия Стьюдента при $p < 0.05$.

Результаты. Установлено, что каталитическая способность молекул свободных ферментов под воздействием УФ-света подвержена изменению в большей степени, чем в иммобилизованном состоянии. По степени фоточувствительности гидролазы можно расположить в следующий ряд: коллагеназа → бромелин → фицин → папаин → трипсин. Следовательно, иммобилизация на матрице хитозана приводит к повышению УФ-стабильности гетерогенных биокатализаторов по сравнению со свободными ферментами.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о фотопротекторном эффекте матрицы хитозана, который может быть обусловлен следующими причинами: молекулы ферментов при взаимодействии с матрицей хитозана образуют фоторезистентные комплексы; молекулы хитозана экранируют

активные фотопродукты свободнорадикальной природы, предотвращая фотоокисление определенного числа аминокислот, в том числе активных центров изученных ферментов при воздействии УФ-облучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук МД-1982.2020.4. Соглашение 075-15-2020-325.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА СИНЕРГИЗМА КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ УФ СВЕТА И ГИПЕРТЕРМИИ ОТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АГЕНТОВ И ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ МЕЖДУ НИМИ

О.В. Переклад¹, П.С. Купцова¹, Г.П. Жураковская¹

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Обнинск, Россия,

perekladav@mail.ru

Существует парадигма, что механизм синергизма комбинированного действия двух агентов обусловлен взаимодействием субповреждений, вызванным каждым из повреждающих факторов, с образованием дополнительных летальных повреждений. Максимальный синергизм наблюдается при одновременном действии агентов. При последовательном действии интервал времени между агентами должен быть минимальным для сохранения наибольшего синергизма.

Цель: определить степень влияния последовательности применения агентов и интервала времени между ними на проявление эффекта синергизма комбинированного действия УФ света и гипертермии.

Материалы и методы исследования. Объект – дидоидные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа (XS800). УФ свет 254 нм, 4,5 Вт/м², температура T=55°C (±0.1°C). В эксперименте исследовали последовательности: УФ+T°C и T°C +УФ через интервалы времени 15 секунд, 2, 5, 7, 10, 20, 30 и 60 минут.

Результаты. Одновременное действие УФ света и гипертермии является синергическим и его величина характеризуется коэффициентом $k = 1,62 \pm 0,08$. Увеличение интервала времени от 0 до 30 мин не влияло на величину синергизма при последовательности воздействующих факторов УФ+T°C. Дальнейшее увеличение интервала приводило к достаточно резкому исчезновению синергизма и возникновению эффекта антагонизма. Обратная последовательность факторов характеризовалась еще большей скоростью исчезновения синергизма и смене его антагонизмом взаимодействия повреждений, обусловленных гипертермией и следующим за ней ультрафиолетовым излучением.

Выводы. Получена зависимость синергического эффекта для двух последовательностей действия УФ света и гипертермии от интервала времени между агентами. Придерживаясь, сформулированной ранее парадигмы о механизме синергического взаимодействия, сделано предположение, что субповреждения, индуцируемые УФ светом, взаимодействуют с субповреждениями, возникающими при действии гипертермии, обуславливая эффект синергизма. В этом случае синергизм сохраняется более длительное время тогда, когда первым фактором в последовательности является УФ свет, обуславливающий формирование большего количества субповреждений. Последующее действие гипертермии приводит к образованию дополнительных летальных повреждений. При этом

следует отметить, что УФ-субповреждения существуют более длительное время, чем субповреждения, обусловленные гипертермией. Об этом свидетельствует исчезновение синергизма при возникновении даже небольшого интервала времени между воздействующими агентами при последовательности Т°С +УФ. В зависимости от степени поражения клеток субповреждения либо восстанавливаются, либо становятся летальными. Особый интерес представляет резкая смена характера взаимодействия факторов – от синергизма до антагонизма, что требует своего объяснения.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ В МОДИФИКАЦИИ ДЕЙСТВИЯ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОЖУ

С.В. Гончаров¹, А.Е. Козлов¹, М.В. Матвеев¹, О.М. Храмченкова²

¹Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь,

²Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель,
Беларусь,

combinexpo@gmail.com

В профилактике негативных эффектов УФ-облучения солнцезащитными средствами особое внимание уделяется препаратам на основе растительных экстрактов, содержащих различные антиоксиданты, за их доказанную эффективность и минимум побочных эффектов. В этом плане заслуживают внимание лишайники – более 800 их биоактивных вторичных метаболитов проявили широкий спектр положительного действия (антиоксидантного, антибактериального, противоопухолевого и др.) и позволили рассматривать лишайники в качестве потенциального источника фотопротекторов.

Цель данного исследования состояла в отборе эффективных фотозащитных лишайниковых веществ на основе оценки их фотопоглощающей способности и морфофункциональных свойств кожи и про- и антиоксидантных процессов в крови.

Материалы и методы. В серии экспериментов на мышах линии Af (δ ♀ 2,5-3 мес.) изучали фотозащитные свойства сухих экстрактов из 5 распространенных в Беларуси видов лишайников *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Ramalina pollinaria*, *Cladonia arbuscula*, *Evernia prunastri*, приготовленных на ацетоне и этаноле, а также на гексан-ацетоне (*H. physodes*) и бензоле (*X. parietina*). Для этого на участок кожи спины (через 72ч после депиляции) наносили 5%-ные растворы экстрактов в диметилсульфоксиде (ДМСО) либо рафинированном оливковом масле (также наносили масло либо ДМСО группе сравнения) и спустя 30 мин облучали УФ-источником в течение 30 мин (энергетический максимум 315 нм, расчётная интегральная мощность (280-450 нм) светового потока 1446 мкВт/см², УФ-Б / УФ-А = 40/60 %). Измеряли спектры поглощения 1%-ных растворов экстрактов в ДМСО.

Результаты. Ацетоновые и этанольные экстракты данных видов лишайников абсорбируют УФ в диапазоне 250-400 нм, обладающем наибольшей эритемной активностью. В опытах на ДМСО по прооксидантным параметрам сыворотки крови (прооксидантная емкость, конечные продукты окисления белков) на 4-е сутки после облучения эффективность имели почти все экстракты; по антиоксидантным параметрам (протеиновые SH-группы, глутатионпероксидаза) были эффективны ацетоновые экстракты *R. pollinaria*, *E. prunastri*, *H. physodes* и *X. parietina*. В целом, все экстракты по тем или иным параметрам крови проявляли положительную тенденцию.

По состоянию кожи наибольшим фотозащитным эффектом обладали ацетоновые экстракты *R. pollinaria*, *E. prunastri* и *H. physodes*. Несколько менее

эффективен был бензольный экстракт *X. parietina*. При этом практически отсутствовал ожоговый струп, значительно снижались эритема, отеки и воспаленность кожи.

Облучение на фоне масла (в отличие от ДМСО) вызывает принципиально другую ожоговую картину кожи. При этом относительно заметная защита с маслом отмечена для ацетоновых экстрактов *E. prunastri*, *R. pollinaria* и *H. physodes*. В меньшей степени это проявлялось для этанольного и гексан-ацетонового экстрактов *H. physodes*.

Выводы. При наружном применении по совокупности биохимических параметров крови и морфометрических параметров кожи наилучшие фотозащитные свойства показали ацетоновые экстракты *R. pollinaria*, *E. prunastri* и *H. physodes* как в опытах с ДМСО, так и с оливковым маслом. Поэтому на данный момент их можно считать перспективными фотопротекторами при составлении солнцезащитных композиций.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭФФЕКТОВ ЭШУ

Т.В. Фомина

ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. Россия

Согласно представлению членов Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) и ряда ученых, к области неионизирующих воздействий относятся электрические и магнитные поля, электрический ток, звук и т.д.

Цель данной работы - изучение биоэффектов различных образцов электрошоковых устройств (ЭШУ) нового поколения. Эти устройства широко применяются в настоящее время на практике, и постоянно совершенствуются. Каждый новый образец требует самостоятельного изучения его биологической эффективности и гигиенической оценки. ЭШУ различаются между собой комбинацией параметров электрического тока.

Материалы и методы. Работа выполнена на взрослых кроликах породы Советская шиншилла. Изучали биоэффекты образцов ЭШУ с различной комбинацией параметров электрического тока в условиях фиксации или свободного передвижения животных, используя различные точки приложения электродов. Анализировали влияние на кожу, двигательную активность и различные системы организма (нервно-мышечную, сердечно-сосудистую, дыхания).

Результаты. Основная, заслуживающая внимания, реакция сводилась к судорожным проявлениям, психомоторному возбуждению, миорелаксации. Этому соответствовали изменения частоты сердечных сокращений и частоты дыхания. Для различных образцов ЭШУ в разной степени проявлялись эти изменения, что различало их по биологической значимости и было оценено с помощью статистической балльной оценки.

Вывод В результате проведенных исследований дана оценка действий новых (ранее не изученных) образцов ЭШУ, представлены сравнение с ранее известными образцами и соответствующая гигиеническая рекомендация.