

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ НА ПРО- И АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС КРОВИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

© 2016 г. А.Г. Полякова, А.Г. Соловьева, И.Е. Сазонова, Д.В. Захарова

*Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр МЗ РФ,  
603155, Нижний Новгород, Верхне-Волжская наб., 18/1*

*E-mail: ag.polyakova@yandex.ru*

Поступила в редакцию 02.09.15 г.

После доработки 13.10.15 г.

Проведено исследование влияния шумового электромагнитного излучения крайне высоких частот на уровень активности про- и антиоксидантных систем в условиях экспериментального окислительного стресса *in vivo* на модели ишемии в кожном лоскуте крыс-самцов линии Wistar. После операции животным проводилось однократное ежедневное накожное облучение рефлексогенной точечной зоны проекции центра вегетативной регуляции шумовым частотным электромагнитным излучением диапазоном 53,57–78,33 ГГц в дозе 1,2 мДж на протяжении семи суток. Динамику показателей про- и антиоксидантной защиты крови сравнивали с аналогичными параметрами интактных крыс и животных, не получавших облучения после операции. По данным индуцированной биохемилюминесценции и оценки активности малонового диальдегида показано, что курсовое облучение способствует снижению интенсивности перекисного окисления липидов. Параллельно отмечено возрастание общих антиоксидантных резервов крови и активности ферментов биорадикальной защиты. Полученные результаты позволяют считать, что электромагнитное излучение крайне высоких частот в режиме шума оказывает регуляторное влияние на состояние про- и антиоксидантных систем организма, что может быть использовано в коррекции ишемических расстройств и восстановлении нарушенного гомеостаза.

*Ключевые слова: электромагнитное излучение, крайне высокочастотный диапазон, перекисное окисление липидов, антиоксидантная система крови.*

Широкое использование в процессе медицинской реабилитации низкоинтенсивных электромагнитных излучений (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона (30–300 ГГц) миллиметровых длин волн диктует продолжение экспериментальных исследований, связанных с воздействием на организм различных частотно-энергетических параметров ЭМИ КВЧ в системе *in vivo*. Данное направление является мультидисциплинарным (на стыке биофизики, патофизиологии, биохимии и клиники), что позволяет рассматривать влияние микроволн на организм с различных точек зрения. Миллиметровый спектр ЭМИ (1–10 мм) соответствует частотному диапазону 30–300 ГГц. Такое излучение задерживается в плотных слоях атмосферы, что исключает адаптацию к нему и позволяет использовать его как «беспомя-

тый» в процессе межклеточных взаимодействий с помощью КВЧ-сигналов, генерируемых организмом на дискретных резонансных частотах [1]. В реакциях биообъектов именно на миллиметровые длины волн обнаружено наличие частотных резонансов, а высокая терапевтическая эффективность отмечается при дозах на порядок ниже, чем в других диапазонах, что объясняется адекватностью параметров действующего сигнала по отношению к собственным электромагнитным волнам, излучаемым организмом. На этом основана гипотеза о выборе миллиметрового диапазона для целей управления функций на уровне клетки [1–3].

При облучении кожи миллиметровые волны проникают в ткани на глубину 2–6 мм, т.е. в зону их действия попадают: эпидермис, сосочковый и ретикулярный слои собственно кожи и кожные капилляры. Установлено, что наиболее эффективно ЭМИ КВЧ влияет на организм через точечные рефлексогенные зоны, так называемые точки акупунктуры, которые облада-

Сокращения: ЭМИ – электромагнитное излучение, КВЧ – крайне высокочастотный диапазон, ПОЛ – перекисное окисление липидов.

ют гистологическими и биофизическими особенностями. Многолетние исследования позволяют рассматривать точки акупунктуры как наиболее выгодные «энергообменники» между организмом и окружающей средой, что также приводит к развитию лечебных эффектов при значительно меньших мощностях, чем в физиотерапии [4]. Исследования показали, что точка акупунктуры является сложным электродинамическим малогабаритным устройством с набором резонаторов и сетью нейронов, которые осуществляют множество функций (сенсорные, регистрирующие, генерирующие излучения, лечебно-профилактические) под управлением центральной нервной системы. Показано, что ряд точек акупунктуры имеют на вольтамперных характеристиках участок с отрицательной дифференциальной проводимостью, который под управлением центральной нервной системы может свипировать с частотой  $\alpha$ -ритма или менять свои параметры при действии эффекта суммирования [5].

В литературе имеются сведения о способности миллиметровых длин волн лимитировать развитие стресс-реакции, являющейся неспецифическим компонентом любой патологии, и роли перекисного окисления липидов (ПОЛ) в этом процессе [6–8]. Организм располагает антиоксидантной многокомпонентной системой, которая обеспечивает защиту клеток и тканей от свободнорадикального окисления. Наиболее важным и эффективным ее звеном является система антиоксидантных ферментов, ингибирующих ПОЛ на этапе его инициации [9]. Так, супероксиддисмутаза инактивирует супероксиданионрадикал, субстратами действия каталазы являются перекись водорода и гидроперекиси липидов [10,11].

Несмотря на установленный факт существенного снижения концентрации продуктов ПОЛ в крови при КВЧ-воздействии, до сих пор не сформировано окончательное представление ни о путях, ни о физико-химических аспектах механизма действия ЭМИ КВЧ на организм. В этой связи актуальным является выявление всевозможных «точек приложения» этого частотного диапазона в живых биологических системах, включая молекулярные, клеточные и системные механизмы действия данного фактора.

Перспективной целью наших исследований является изучение механизмов действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на функциональную активность про- и антиоксидантной систем организма в условиях экспериментального окислительного стресса *in vivo*. В настоящей работе нами оценивалось влияние миллиметровых

длин волн на интенсивность процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантную ферментативную активность крови крыс с оперативной моделью ишемии дорзального кожного лоскута *in vivo*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте использовали 15 белых крыс-самцов линии Wistar массой 250–300 г, полученных из филиала «Столбовая» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России (Москва). Всех животных содержали в стандартных условиях вивария в клетках при свободном доступе к пище и воде на рационе питания согласно нормативам ГОСТа «Содержание экспериментальных животных в питомниках НИИ». Условия работы с крысами соответствовали правилам Европейской Конвенции ET/S 129, 1986 и директивам 86/609 ESC [12].

Животные были разделены на три группы: 1-я группа (интактная) – здоровые крысы,  $n = 5$ ; 2-я группа (контрольная) – оперированные животные без каких-либо воздействий,  $n = 5$ ; 3-я группа (опытная) – оперированные животные с облучением ЭМИ КВЧ в послеоперационном периоде,  $n = 5$ .

В интактной группе никаких манипуляций с животными на протяжении исследования не проводили. У крыс опытной и контрольной групп на депилированной спинке под внутримышечным наркозом (Золетил 60 мг/кг + Ксила 6 мг/кг) выкраивали кожный лоскут размером  $3 \times 10$  см на питающей ножке с осевым типом кровообращения, включающий в себя кожу и собственную мышцу кожи с основанием на горизонтальной линии, соединяющей углы лопаток. Далее лоскут без натяжения укладывали на место и пришивали узловыми швами атравматичным шовным материалом 4.0. В послеоперационном периоде животные опытной группы получали ежедневное стандартное облучение ЭМИ КВЧ 53,57–78,33 ГГц в течение семи суток (однократно с экспозицией 10 мин) в дозе 1,2 мДж [13]. В качестве источника миллиметровых длин волн использовали прибор «АМФИТ-0,2/10-01» (ООО «ФизТех» Нижний Новгород, Россия), уровень мощности (1 мВт) и спектр сигнала которого близки к излучаемым самим биообъектом, что резко снижает вероятность как близких, так и отдаленных побочных эффектов [14]. Раструб аппарата устанавливали с зазором 5 мм от поверхности кожи на область точки GV 14 (по Ли Чжун Чжень, 2004), в месте нахождения проекции центра вегетативной регуляции животных [8].

Перед операцией и после нее на третьи и седьмые сутки проводили клинический осмотр с регистрацией визуальной картины (фотоархивирование). Определение площади ишемических нарушений проводилось путем наложения прозрачного разлинованного трафарета. Крыс выводили из эксперимента на седьмые сутки после операции путем декапитации с предварительной перерезкой сонной артерии под наркозом.

Для исследований баланса про- и антиоксидантных систем использовали кровь, стабилизированную цитратом натрия (1:9). В плазме и взвеси отмытых эритроцитов в физиологическом растворе (1:4) изучали активность процессов свободнорадикального окисления с помощью высокочувствительного метода индуцированной биохимиллюминесценции [15] на биохимиллюминиметре БХЛ-06 (НИЦ «Биоавтоматика», Россия). По хемиллюминограмме оценивались стандартные параметры, отражающие интегральное состояние системы перекисного окисления липидов исследуемых тканей:

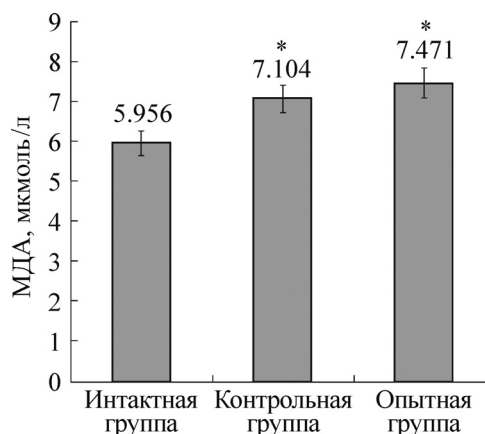
- $tg2\alpha$  – показатель, характеризующий скорость спада процессов свободнорадикального окисления в плазме и свидетельствующий об общем антиоксидантном потенциале;

- $S$  – светосумма хемиллюминесценции за 30 с, отражающая потенциальную способность биологического объекта к перекисному окислению липидов;

- перекисная резистентность эритроцитов, характеризующая степень выраженности перекисного окисления липидов в эритроцитах.

Для оценки интенсивности процесса ПОЛ определяли уровень содержания вторичного продукта свободнорадикального окисления – малонового диальдегида – в плазме и гемолизате отмытых эритроцитов (1:10) по методу, описанному в работе [16].

Среди ферментов, представляющих первое звено защиты антиоксидантной системы, анализировали активность супероксиддисмутазы, которая переводит супероксидный радикал в электронейтральную форму  $H_2O_2$ , и каталазы, утилизирующей перекись. Активность супероксиддисмутазы определяли в гемолизате отмытых эритроцитов (1:10) по ингибированию образования продукта аутоокисления адреналина [17]. Для оценки активности каталазы в гемолизате отмытых эритроцитов (1:100) использовали спектрофотометрический метод, основанный на определении скорости разложения перекиси водорода каталазой исследуемого образца с образованием воды и кислорода [18]. Расчет удельной активности ферментов прово-



**Рис. 1.** Концентрация малонового диальдегида в эритроцитах крови здоровых и оперированных животных под влиянием ЭМИ КВЧ (\* – различия статистически значимы по сравнению с интактной группой).

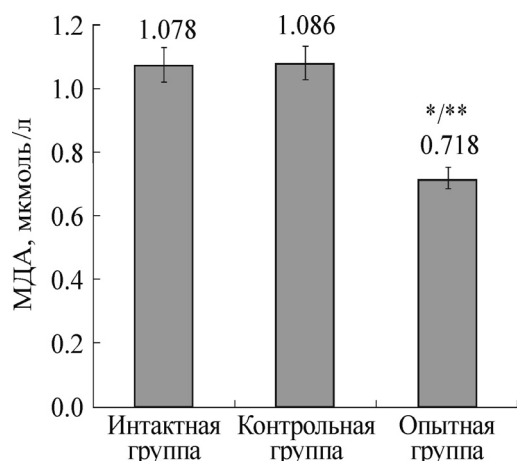
дили по концентрации белка модифицированным методом Лоури [19].

Результаты исследований обрабатывали с помощью программы Statistica 6.0: рассчитывали среднюю арифметическую величину показателей и ошибку среднего. Значимость различий между показателями определяли с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ .

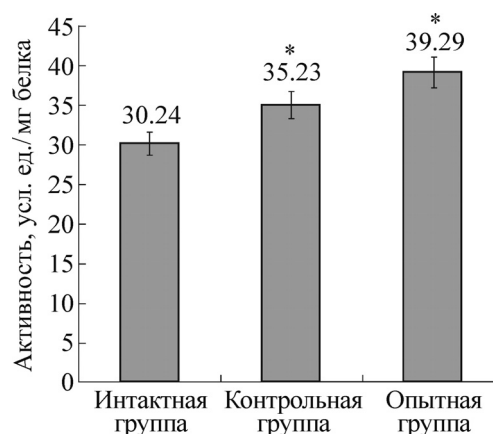
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в контрольной группе послеоперационная гипоксия кожного лоскута привела к активации процесса свободнорадикального окисления в эритроцитах, где концентрация малонового диальдегида выросла на 20% ( $p = 0,05$ ) по сравнению с интактными животными (рис. 1). Это свидетельствует о накоплении свободных радикалов, что, по мнению авторов работы [20], способствует мембранодеструктивным процессам и приводит к расстройству образования вторичных липидных мессенджеров, участвующих в регуляции активности нейротрансмиттеров (ацетилхолина, допамина, норадреналина). В плазме животных контрольной группы статистически значимых различий показателей ПОЛ и его промежуточного продукта (малонового диальдегида) не было выявлено (таблица, рис. 2). Возможно, это обусловлено сроками исследования (седьмые сутки после операции).

В эритроцитах контрольных животных по сравнению с интактной группой зарегистрировано компенсаторное увеличение на 17% ( $p = 0,02$ ) удельной активности фермента каталазы



**Рис. 2.** Концентрация малонового диальдегида в плазме крови здоровых и оперированных животных под влиянием ЭМИ КВЧ (\* – различия статистически значимы по сравнению с интактной группой; \*\* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой крыс).



**Рис. 3.** Активность каталазы крови здоровых и оперированных животных под влиянием ЭМИ КВЧ (\* – различия статистически значимы по сравнению с интактной группой; \*\* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой крыс).

(рис. 3). Одновременно отмечалось снижение на 16% ( $p = 0,003$ ) удельной активности супероксиддисмутазы, что свидетельствовало о недостаточной степени компенсации процессов свободнорадикального окисления антиоксидантной системой у оперированных животных (рис. 4).

Клинически в послеоперационном периоде у всех животных с первых суток наблюдалась ишемия кожных покровов в дистальном отделе лоскута, которая к семи суткам формировалась в некроз (рис. 5). В контрольной группе его площадь составила 42,5–60% (в среднем 46,5%), а в опытной – от 10 до 41,67% (в среднем 26,33%).

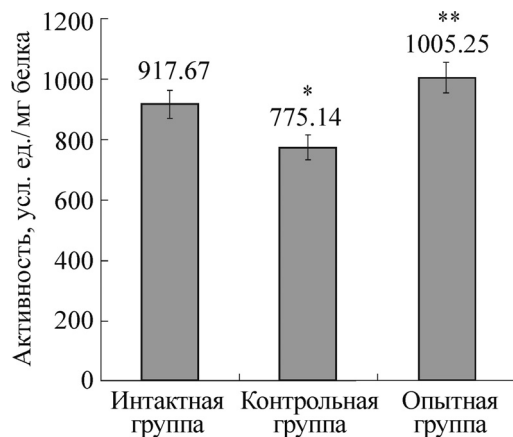
В то же время у крыс опытной группы после семидневного курса КВЧ-облучения параллельно с уменьшением площади краевого некроза лоскута в плазме было зарегистрировано достоверное снижение интенсивности про-

цесса перекисного окисления липидов. По данным индуцированной биохимилуминесценции показатель ПОЛ по сравнению с контролем уменьшился на 14% ( $p = 0,003$ ), оказавшись даже на 11% ( $p = 0,004$ ) ниже значения этого показателя у здоровых крыс (таблица). Одновременно в эритроцитах отмечалось снижение свободнорадикального окисления по сравнению с контролем и группой интактных животных соответственно на 27 и 32%, что указывает на повышение устойчивости клеточных мембран. Аналогичное падение концентрации малонового диальдегида в плазме на 34% (по отношению к обеим группам сравнения) под влиянием ЭМИ КВЧ также подтверждает снижение интенсивности свободнорадикальных процессов (рис. 2). В то же время в эритроцитах животных опытной группы уровень вторичного продукта ПОЛ по сравнению с контролем статистически достоверно не изменился (рис. 1). Возможно, это связано с ингибированием активности эритро-

Показатели перекисного окисления липидов и общей антиоксидантной системы крови здоровых и оперированных животных под влиянием ЭМИ КВЧ

Серия	ПОЛ, усл. ед.	Антиоксидантная активность, усл. ед.	Перекисная резистентность эритроцитов, усл. ед.
Интактная группа ( $n = 5$ )	10,58 ± 0,52	0,913 ± 0,030	9,79 ± 0,41
Контрольная группа ( $n = 5$ )	10,93 ± 0,22	0,956 ± 0,030	8,94 ± 0,74
Опытная группа ( $n = 5$ )	9,39 ± 0,32 * ( $p = 0,004$ ); ** ( $p = 0,003$ )	1,034 ± 0,020 * ( $p = 0,01$ ); ** ( $p = 0,046$ )	6,52 ± 0,41 * ( $p = 0,0004$ ); ** ( $p = 0,014$ )

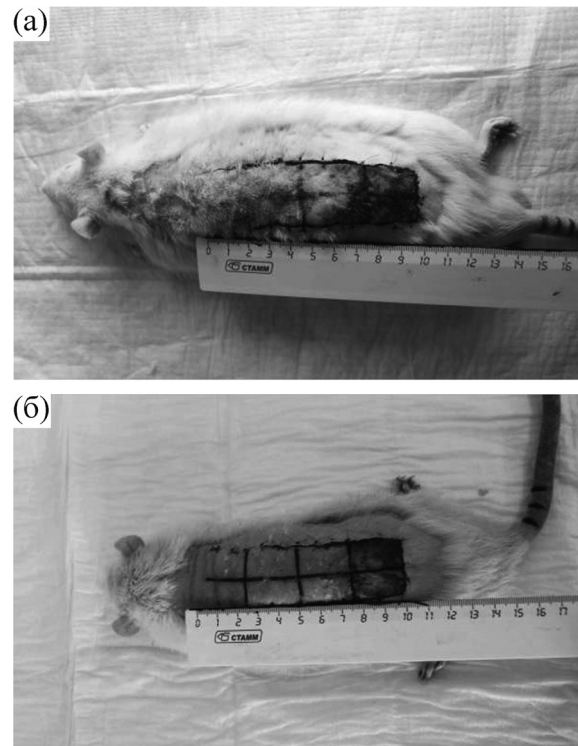
Примечание: \* – Различия статистически значимы по сравнению с интактной группой; \*\* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой крыс.



**Рис. 4.** Активность супероксиддисмутазы крови здоровых и оперированных животных под влиянием ЭМИ КВЧ (\* – различия статистически значимы по сравнению с интактной группой; \*\* – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой крыс).

цитарной альдегиддегидрогеназы, участвующей в утилизации малонового диальдегида [11,15].

Перекисная резистентность эритроцитов зависит от стойкости эритроцитов к пероксидам и отображает не только активность свободно-радикального окисления, протекающего на мембранах клеток, но и антиокислительную стойкость биосистемы к эндогенной инициации перекисно-окислительных реакций [21]. В эксперименте это нашло подтверждение в виде снижения показателя перекисной резистентности эритроцитов с одновременным повышением антиоксидантной активности крови под влиянием ЭМИ КВЧ (таблица). Так, в опытной группе после облучения возросли общие антиоксидантные резервы крови (на 8 и 13% соответственно) по сравнению с контрольной ( $p = 0,046$ ) и интактной ( $p = 0,01$ ) группами, а также повысилась активность ферментов биорадикальной защиты. Наиболее выраженная положительная динамика отмечалась со стороны супероксиддисмутазы, активность которой после операции в опытной группе животных возросла на 30% ( $p = 0,018$ ) по сравнению с контролем, достигнув показателя здоровых животных (рис. 4). На активность фермента каталазы, которая выросла после операции в контроле, облучение также оказало стимулирующее действие, повысив ее на 12% ( $p = 0,025$ ) по сравнению с показателем у интактных крыс (рис. 3). По мнению отечественных и зарубежных исследователей, биологическая роль каталазы заключается в деградации пероксида водорода и обеспечении эффективной защиты клеточных структур от разрушения [9,22,23]. Повышение активности указанного фермента приводит к



**Рис. 5.** Клиническая картина кожного лоскута на седьмые сутки наблюдения у крыс контрольной (а) и опытной (б) групп.

снижению свободнорадикальных форм кислорода (супероксидный анион  $O_2^-$  и гидроксильный радикал  $OH$ ), что инактивирует процессы ПОЛ. Следовательно, КВЧ-воздействие в шумовом режиме излучения оказывает антиоксидантное влияние через активацию ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы), которые, в свою очередь, угнетают высвобождение катехоламинов из нервных окончаний и надпочечников, а также действие этих моноаминов на постсинаптическом уровне [24]. Поэтому возможно, что одним из механизмов, обеспечивающих снижение интенсивности ПОЛ при действии ЭМИ КВЧ, является подавление гиперактивности симпатoadреналовой системы – одной из важнейших стресс-реализующих систем.

Итак, в опытной группе животных наблюдалось превалирование антиоксидантной активности над процессами липопероксидации, что может свидетельствовать об ингибировании системы биологического окисления за счет подавления активных форм кислорода под влиянием ЭМИ КВЧ. Выявленные результаты подтверждают целесообразность использования миллиметровых длин волн для предотвращения повреждения клеточных структур [25]. В ответ на облучение проекции центра вегетативной

регуляции, по-видимому, возникает нейрогуморальная активация антиоксидантной системы, которая блокирует процессы перекисного окисления липидов. Выявленное изменение направленности процессов ПОЛ при облучении может быть обусловлено изменением структуры (конформацией) клеточной поверхности компонентов мембран за счет ослабления гидрофобных связей [26–28].

Таким образом, результаты экспериментального исследования показали, что ЭМИ КВЧ ингибирует перекисное окисление липидов в плазме крови за счет активации общей антиоксидантной активности. В эритроцитах выявлен эффект облучения на прооксидантную систему путем стимулирования ферментативного звена антиоксидантной защиты. Зарегистрированный эффект указывает на поддержание противовоспалительного и антиоксидантного действия, что совпадает с полученными нами ранее результатами [29,30]. Указанные сдвиги свидетельствуют о влиянии ЭМИ КВЧ на биохимические показатели организма [31].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из полученных результатов, следует, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ с шумовым диапазоном 53,57–78,33 ГГц в условиях ишемии приводит к физиологическому отклику со стороны про- и антиоксидантных систем крови. Вероятно, что увеличение антиоксидантного статуса крови, а также ингибирование перекисных состояний происходит вследствие механизмов, реализующихся через первичные реакции каталитического типа, протекающих в липидных слоях клеточных мембран.

Результаты имеют значение для разработки способов коррекции постстрессорных (в том числе, послеоперационных) ишемических расстройств, которые могут с успехом использоваться в процессе медицинской реабилитации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. Д. Девятков, М. Б. Голант и О. В. Бецкий, *Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн* (ИРЭ РАН, М., 1994).
2. О. В. Бецкий, В. В. Кислов и Н. Н. Лебедева, *Миллиметровые волны и живые системы* (Наука, М., 2004).
3. В. А. Балчугов, А. Г. Полякова, С. И. Анисимов и др., *КВЧ-терапия низкоинтенсивным шумовым излучением* (Изд-во ННГУ, Н. Новгород, 2002).
4. В. Г. Вогралик и М. В. Вогралик, *Основы традиционной восточной рефлексодиагностики и пунктурной адапционно-энергетизирующей терапии ци-гун* (Изд-во ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, М., 2001).
5. Ю.М. Ермолаев, в сб. *Миллиметровые волны в медицине и биологии* (ИРЭ РАН, М., 2000), с. 92.
6. А. А. Ковалёв. Миллиметровые волны в биологии и медицине, **1** (25), 4 (2002).
7. С. А. Агаева, А. В. Аминов, Х. В. Бабаев и др. Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки **4**, 27 (2011).
8. В. Н. Крылов, Вестн. Нижегород. ун-та им. Лобачевского. Сер. Биология **1** (6), 14 (2003).
9. Ю. А. Владимиров, Вестн. РАМН **7**, 43 (1998).
10. Е. Б. Меньщикова, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков и др., *Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты* (Фирма «Слово», М., 2006).
11. В. К. Плакунов, *Основы энзимологии* (Логос, М., 2001).
12. *Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях: учеб. пособие*, под ред. Н. Н. Каркищенко и С. В. Грачева (Профиль – 2С, М., 2010).
13. А. Г. Полякова, И. Е. Сафонова, М. Г. Воловик и др., Вестн. восстановительной медицины, **6**, 25 (2014).
14. А. В. Корнаухов, С. И. Анисимов, Г. А. Максимов, в сб. *Труды второй междунаrod. конф. «Неионизирующие электромагнитные излучения в биологии и медицине»* (КГПУ им. Циолковского, Калуга, 2002).
15. Ю. А. Владимиров и М. П. Шерстнев, Биофизика, **24**, 176 (1999).
16. M. Uchiyama and M. Mihara, *Analyt. Biochem.* **86**, 271 (1978).
17. Т. В. Сирота, *Вопр. мед. химии* **45** (3), 109 (1999).
18. Г. В. Сибгатуллина, Л. Р. Хаертдинова, Е. А. Гумерова и др., *Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие* (Казанский (Приволжский) Федеральный ун-т, Казань, 2011).
19. J. M. Dawson and P. L. Heatlic, *Analyt. Biochem.* **140** (2), 391 (1984).
20. Р. В. Мазуренко, С. Н. Махно, П. П. Горбик и др., *Биомед. радиоэлектроника* **2**, 11 (2009).
21. Ф. Е. Путилина, О. В. Галкина и Н. Д. Ещенко, *Практикум по свободнорадикальному окислению* (С.-Петербург. гос. ун-т., СПб., 2006).
22. Chen Qun, E. J. Vazquez, and S. Maghaddas, *J. Biol. Chem.* **278**, 36027 (2003).
23. A. W. Linnane and N. Eastwood, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1067**, 47 (2006).
24. Е. Н. Чуян, М. Ю. Раваева, В. А. Никольская и др., *Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия* **26** (65), 223 (2013).
25. А. Г. Чучалин, *Пульмонология* **2**, 111 (2004).
26. Н. Г. Преснухина, А. В. Дерюгина и В. Н. Крылов, Вестн. Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биология **1** (6), 51 (2003).
27. А. Х. Тамбиев и Н. Н. Кирикова, *Биомед. радиоэлектроника* **1**, 23 (2000).
28. С. А. Баджинян, А. М. Меликсетян, М. Г. Малакян и др., *Миллиметровые волны в биологии и медицине* **4** (32), 12 (2003).
29. А. Г. Полякова, *Мед. альманах* **1** (36), 138 (2015).
30. А. Г. Полякова, М. В. Преснякова, В. Л. Кузнецова и др., *Здоровье и образование в XXI веке* **3** (17), 1 (2015).
31. А. Б. Гапеев и Н. К. Черемис, *Биомед. технологии и радиоэлектроника* **2–4**, 44 (2007).

## **Influence of Electromagnetic Radiation of Extremely High Frequencies on Pro- and Antioxidant Status of Blood in the Experiment**

**A.G. Polyakova, A.G. Soloveva, I.E. Sazonova, and D.V. Zakharova**

*Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Ministry of Health of the Russian Federation,  
Verkhne-Volzhsкая nab. 18/1, Nizhny Novgorod, 603155 Russia*

The influence of the electromagnetic radiation of extremely high frequencies in a noise mode on the level of the activity of pro- and antioxidant systems in a model of skin flap ischemia *in vivo* was studied. In this work rats of the Wistar line were used. In the postoperative period the cutaneous reflex projection field of the animals was exposed once daily for seven days to electromagnetic radiation of the extremely high frequency range of 53,57 to 78,33 GHz with a dose of 1.2 mJ in a noise mode. The dynamics of pro- and antioxidant protection was compared to that one of the intact animals which were not irradiated. Using data on induced biochemiluminescence and estimate of the activity of malondialdehyde it was shown that a course of irradiation contributes to a decrease in the intensity of lipid peroxidation. In parallel we observed an increase in the total antioxidant reserves of blood and the activity of enzymes of bioradical protection. Our findings suggest that electromagnetic radiation of extremely high frequencies in a noise mode has a regulatory impact on the state of pro- and antioxidant systems of the organism; this can be used for correction of postoperative ischemic disorders and restoration of disturbed homeostasis.

*Key words: electromagnetic radiation, extremely high frequency range, lipid peroxidation, antioxidant system of blood*