

□ Оригинальные научные публикации

К. Я. Буланова¹, Л. М. Лобанок², А. В. Бакунович¹,
А. Ю. Жив¹, Т. И. Милевич³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ КВЧ (39,5 ГГц) ДЛЯ КОРРЕКЦИИ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АГРЕГАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТРОМБОЦИТОВ БЕЛЫХ КРЫС

УО «Международный государственный экологический университет
имени А. Д. Сахарова»¹,
УО «Белорусский государственный медицинский университет»²,
ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель³

Рассмотрено воздействие электромагнитных излучений крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) миллиметрового диапазона на крыс, подвергшихся предварительному острому γ -облучению в дозе 1Гр. Изучалось состояние агрегационной способности тромбоцитов. Выяснено, что у животных, подвергнутых γ -облучению, последующее воздействие ЭМИ КВЧ приводит к нормализации всех показателей агрегации как в ближайшие, так и в отдаленные сроки постлучевого периода.

Характер наблюдаемых эффектов ЭМИ КВЧ (39,5 ГГц) зависит не столько от физических параметров излучения, сколько от индивидуальных особенностей организма.

Ключевые слова: крысы, эми квч, эмн, малые дозы радиации, ионизирующая радиация, облучение, сенсорные зоны, гемостаз, кровь, тромбоциты, адф, агрегация.

K. Ya. Bulanova, L. M. Lobanok, A. V. Bakunovich, A. Yu. Zhiu, T. I. Milevich

USE OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS OF KVCh (39,5 GHz) FOR CORRECTION RADIATION THE INDUCED CHANGES OF AGGREGATION ABILITY OF PLATELETS OF WHITE RATS

Impact of electromagnetic radiations of the highest frequency (EMI KVCh) of millimetric range on rats, подвергшихся preliminary sharp γ -облучению in a dose 1Gp is considered. The condition of aggregation ability of platelets was studied. It is found out that at the animals subjected γ -облучению, the subsequent influence of EMI KVCh leads to normalization of all indicators of aggregation both in the next, and in the remote terms of the post-beam period.

Nature of observed effects of EMI KVCh (39,5 GHz) depends not so much on physical parameters of radiation, how many on specific features of an organism.

Key words: rats, Amy kvch, эмн, small doses of radiation, ionizing radiation, radiation, touch zones, a hemostasis, blood, platelets, ATP, aggregation.

В последние годы значительное внимание уделяется диагностике эффектов и терапевтическим возможностям электромагнитных излучений крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) миллиметрового диапазона. Механизмы их действия на биологические объекты долгое время не изучались. Причин было несколько: во-первых, учитывался тот факт, что энергия мм-волн ничтожна: меньше энергии теплового движения атомов, меньше энергии водородных связей, что позволяло считать, что мм-излучения внеземного происхождения полностью поглощаются атмосферой и, следовательно, не могут быть фактором среды, способным повлиять на жизнедеятельность живых систем. Во-вторых, в распоряжении ученых не было приборов, генерирующих такие излучения. Тем не менее, создание вакуумных и полупроводниковых генераторов ЭМИ мм-диапазона также не предполагало необходимости принятия мер по защите от излучения, поскольку считалось, что низкая энергия КВЧ-квантов не позволит им проникнуть даже в кожный покров. Однако использование этих

генераторов в промышленных установках поставило исследователей перед фактом возникновения ряда негативных эффектов у людей, работающих с источниками КВЧ-излучений. Функциональные нарушения при работе с источниками мм-волн возникали в иммунной, сердечно-сосудистой, нервной системах и ряде внутренних органов [4]. Выраженность нарушений в системах организма в значительной степени зависела от интенсивности, продолжительности облучения и частотных характеристик электромагнитных полей (ЭМП). В экспериментах на животных было обнаружено, что излучение мм-диапазона (53–78 ГГц) способно вызывать аритмию сердца, а после трехчасовой экспозиции при 55,73 ГГц в 25% случаев отмечалась гибель подопытных крыс [5].

Дальнейшие исследования показали, что мм-волны могут оказывать не только негативное влияние на организм и его системы, но также принимать активное участие в процессах жизнедеятельности, направленных на восстановление функций пораженных органов и профилактику заболеваний. Выявились,

что КВЧ-волны определенной длины позволяют предупреждать метастазирование, некоторые из них повышают устойчивость к ионизирующим излучениям в малых дозах. Особенностью терапевтических воздействий КВЧ-излучений на органы и клетки при различных патологических состояниях явился их специфический (острорезонансный) характер, основанный на формировании структур в организме, генерирующих с заданной частотой акустоэлектрические сигналы, нормализующие ослабленные функции органов [8]. Целью наших экспериментов явилось изучение эффектов ЭМИ КВЧ (39,5 ГГц) на функциональную активность тромбоцитов крыс, предварительно подвергнутых воздействию ионизирующей радиации в дозе 1 Гр.

Материалы и методы. Эксперименты проводились на половозрелых белых крысах-самцах стадного разведения (4–7) мес. Острое облучение осуществляли на установке «ИГУР» с цезиевым источником при мощности дозы 10^{-3} Гр/с. В тот же день после γ -облучения в течение 1 часа крысы подвергались воздействию электромагнитного излучения (ЭМИ) с частотой 39,5 ГГц и длиной волны 7,5 мм. Эксперименты проводили на 3-и, 10-е, 30-е сутки пострадационного периода. Кровь для исследования брали из сердца крыс, стабилизировали 3,8% раствором цитрата натрия (1:9).

Обогащенную тромбоцитами плазму (ОТП) получали центрифугированием крови при 200 g в течение 5 минут при комнатной температуре, бестромбоцитарную плазму получали центрифугированием ОТП при 650g в течение 15 мин. Количество тромбоцитов в ОТП доводили до 2×10^8 кл/мл добавлением бестромбоцитарной плазмы.

Агрегацию тромбоцитов исследовали с применением компьютеризированного анализатора агрегации тромбоцитов AP 2110 научно-производственного центра «СОЛАР» (Минск, Беларусь). В качестве индуктора агрегации использовали АДФ в концентрациях $2,5 \cdot 10^{-6}$ и $2,5 \cdot 10^{-5}$ М.

Анализ и статистическая обработка результатов проводилась на вычислительном комплексе IBM – PC/AT. Достоверность различий между средними значениями изучаемых параметров оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В наших экспериментах сравнительный анализ действия γ -излучений и эффективности радиомодулирующих влияний ЭМИ на систему гемостаза, осуществлялся на основе изучения показателей степеней и скоростей обратимых и необратимых агрегаций тромбоцитов, активированных АДФ в концентрациях $2,5 \cdot 10^{-5}$ и $2,5 \cdot 10^{-6}$ М, соответственно. Исследования проводили на 1-е, 10-е, 30-е сутки после воздействия ионизирующей радиации и электромагнитного поля.

Во все перечисленные сроки мы не обнаружили достоверных изменений показателей степени и скорости агрегации тромбоцитов у контрольных живот-

ных, подвергнутых воздействию ЭМИ КВЧ. Эти данные согласуются с результатами других авторов, показавших, что структуры здорового организма могут не реагировать на непродолжительное КВЧ-облучение [3].

После острого облучения в дозе 1 Гр в ближайшие сроки пострадационного периода (3 сутки) величины степеней и скоростей агрегации тромбоцитов, стимулированных высокой концентрацией индуктора ($2,5 \cdot 10^{-5}$ М), при которой наблюдается необратимая агрегация, инициированная не только экзогенным АДФ, но и стимулированным им же вторичным выбросом депонированного в тромбоцитах аденозиндифосфата, не изменились (рисунок 1 А, Б). Однако диапазон ответных реакций тромбоцитов на указанные концентрации АДФ расширился и сдвинулся в область слабых реакций тромбоцитов на АДФ вследствие индивидуальной чувствительности животных к радиации. Таким образом, после γ -облучения в общей выборке облученных животных отмечается превалирование особей, тромбоциты которых проявляют пониженную способность к агрегации, что определяет повышенный риск возникновения геморрагий. После воздействия ЭМИ на животных, подвергнутых γ -облучению в дозе 1 Гр, отмечалось сужение диапазона реагирования тромбоцитов на АДФ до нормы.

На 10 сутки у подвергнутых воздействию ионизирующей радиации животных сохранялся широкий диапазон изменения показателей степени и скорости агрегации, инициированной АДФ в концентрации

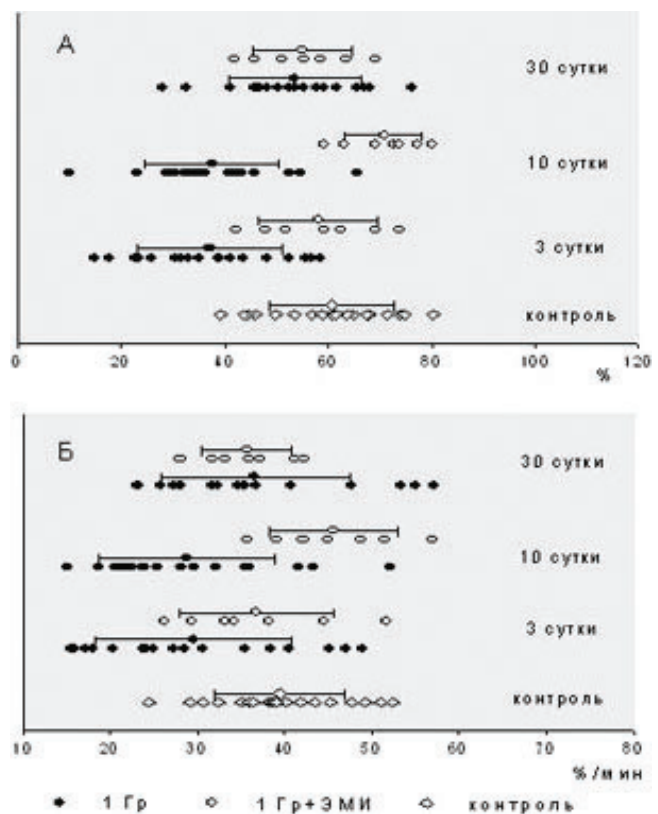


Рисунок 1. Влияние γ -излучения и последующего ЭМИ на степень (А) и скорость (Б) необратимой агрегации тромбоцитов, активированных $2,5 \cdot 10^{-5}$ М АДФ

□ Оригинальные научные публикации

$2,5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, при этом различия относительно контроля были недостоверны.

На 30-е сутки после γ -облучения тромбоциты, реагируя на АДФ в концентрации $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, сохраняли высокий разброс показателей степеней и времени агрегации, но не отличались от контроля. Полученные данные о расширении диапазона реакций тромбоцитов облученных животных на индуктор агрегации – АДФ в концентрации 10^{-5} М соответствует общей, ранее выявленной закономерности – увеличению спектра ответных реакции, вследствие отклонения ряда показателей до крайних пределов адаптивных норм реакций.

Таким образом, эффект γ -облучения животных в дозе 1 Гр в системе гемостаза проявлялся исключительно расширением спектра реакций тромбоцитов на АДФ в концентрации $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$. Однократное воздействие электромагнитных волн крайне высокой частоты на облученных ионизирующей радиацией крыс позволяло уменьшить диапазон реакций тромбоцитов на индуктор агрегации АДФ ($2,5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$) до нормы. Эффект имел пролонгированный характер и отмечался на 3–30 сутки пострadiационного периода.

В следующей серии экспериментов анализировались особенности реакций тромбоцитов на концентрацию АДФ $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ М}$, которая была на порядок

ниже предыдущей и способна вызвать стимуляцию только первичной фазы агрегации.

Как следует из представленных на рисунке 2 данных на 3 сутки после воздействия острого γ -излучения в дозе 1 Гр наблюдается четкое разделение выборки облученных животных по исследуемым показателям на 2 группы.

Одна – с реактивностью тромбоцитов, достоверно не отличающейся от контроля, другая – с повышенной агрегацией на $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ АДФ}$, что указывает на риск постлучевых тромботических осложнений у этих особей.

Воздействие ЭМИ частотой 39,5 ГГц, осуществляемое после действия ионизирующей радиации в дозе 1 Гр, приводило к 3 суткам к полной нормализации всех показателей степени и скорости обратной агрегации тромбоцитов крыс (рисунок 2 А, Б).

На 10 сутки после γ - облучения в дозе 1 Гр показатели агрегации экспериментальной и контрольной групп не имели достоверных различий. После воздействия КВЧ-излучений происходило снижение разброса показателей степени и времени АДФ-иницированной агрегации тромбоцитов крыс, подвергнутых γ -облучению, до значений контроля.

К 30 суткам снова из общей выборки облученных животных выделилась группа особей с повышенной степенью и скоростью агрегации тромбоцитов, тогда как у большинства облученных особей агрегация тромбоцитов не отличалась от нормы.

Такие разнородные реакции тромбоцитов на АДФ у облученных животных, отмеченные на 3 и 30 сутки, отражают, вероятнее всего, существование индивидуальных особенностей реагирования на γ -облучение у крыс. КВЧ-излучения нормализовали агрегационные процессы у животных, подвергнутых действию ионизирующей радиации.

В целом представленные данные свидетельствуют о возможности коррекции агрегационной способности тромбоцитов животных, облученных ионизирующей радиацией в дозе 1 Гр, с помощью низко интенсивных электромагнитных излучений мм-диапазона (39,5 ГГц).

Закономерно возникает вопрос о механизмах действия КВЧ-излучений на тромбоциты облученных в дозе 1 Гр животных.

Энергетическое (термическое) действие ЭМП, обусловленное, в основном, усилением колебательных и вращательных процессов в облучаемом веществе, достаточно хорошо изучено. Но поскольку энергия квантов мм-волн составляет всего $1,17 \cdot 10^{-3} \text{ эВ}$, то тепловые эффекты на организм при этом виде излучений были исключены.

Согласно современным представлениям расшифровку механизмов действия ЭМИ КВЧ следует начинать с выявления структур, способных осуществлять рецепцию внешних физических полей. В настоящее время, во-первых, признается существование в организме определенных сенсорных зон [6], различаю-

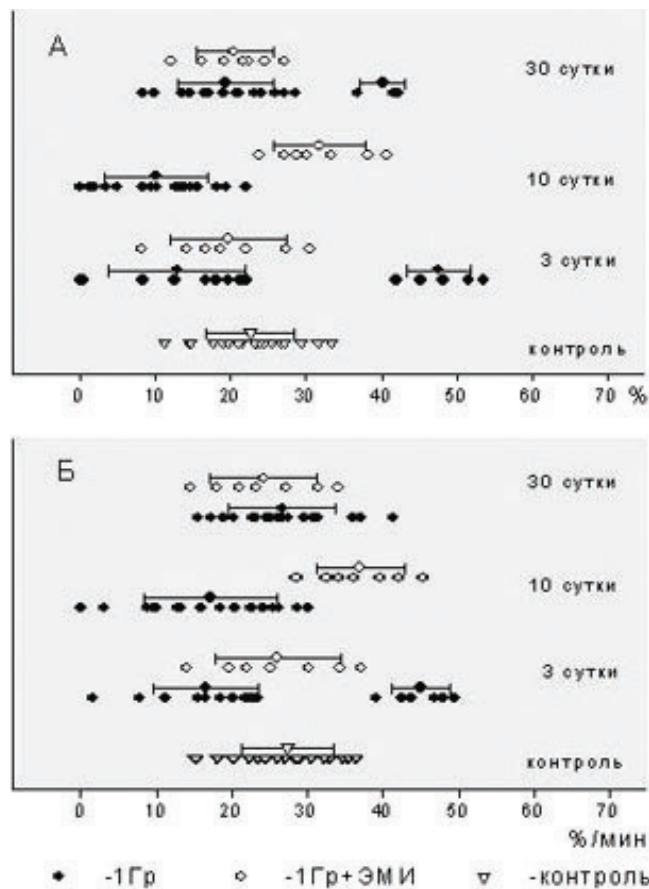


Рисунок 2. Влияние γ -излучения и последующего ЭМИ на степень (А) и скорость (Б) обратимой агрегации тромбоцитов, активированных $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ М}$ АДФ

щихся ответными реакциями, характер которых определяется порогом их чувствительности, а также возможностями осуществления либо энергетического, либо информационного обменов. Адекватная реакция сенсора на внешнее поле наблюдается лишь в том случае, когда интенсивность воздействия, частотно-временные параметры внешнего фактора приходятся на область наилучшего сенсорного восприятия. Наиболее эффективно воспринимается облучение КВЧ-волнами точками акупунктуры и зон Захарьина-Геда.

Однако облучение сенсорных зон ЭМИ КВЧ привело к парадоксальным фактам: обнаружению эффектов в органах, значительно удаленных от места облучения, выявлению различий в восприимчивости излучений КВЧ разными структурами, областями тела и организмами разных видов. Все эти эффекты можно объяснить, если использовать представления об информационном восприятии ЭМИ КВЧ [3].

Как реализуется информационное воздействие излучений КВЧ?

Исследование роли когерентных излучений нетепловой интенсивности в жизнедеятельности позволило обнаружить активацию генерации мм-волн некими структурами клеток самого организма в условиях действия неблагоприятных факторов. Эти излучения использовались для налаживания связи и управления по вновь образуемому каналу с целью поддержания гомеостаза. Нормализация гомеостаза является сигналом для распада структур, генерирующих мм-волны.

Если по каким-либо причинам генерация собственных мм-волн структурами организма становится невозможной, то управление процессами, направленными на поддержание гомеостаза, нарушается. В этом случае КВЧ-излучения в острорезонансном режиме могут стать сигналом, стимулирующим формирование в резонансных системах организма подструктур, которые сами начинают генерировать волны мм-диапазона (акустические и акустоэлектрические), способствуя коррекции нарушений гомеостаза.

Тем не менее, в ряде экспериментов было выявлено, что ЭМИ КВЧ, активируя в клетках собственные ЭМП мм-диапазона, могут вызывать не только положительные, но и отрицательные по биологической значимости реакции живого организма. В этих случаях работа функциональных систем может существенно трансформироваться, приобретая патологические черты, вплоть до формирования необратимых изменений, ведущих к летальному исходу [7].

Какие же структурные образования организма участвуют в остро резонансном восприятии мм-волн? В 1932 академик А. А. Ухтомский предположил, что внешние ЭМП влияют на структуры организма по принципу «поле на поле». Биотоки в живых организмах и их системах являются источниками биомагнитных полей, ритмическая активность которых является основой для восприятия внешних ритмических воздействий. Этот постулат был положен в основу

гипотезы о резонансном действии ЭМП на различные осцилляторы живых систем. Что касается формирования внутренних ритмов организма – то главенствующую роль оказывают ритмы внешних магнитных полей. Многообразие ритмов внешней среды привело к формированию в организме множества несинхронных ритмических процессов, управляемых по принципу иерархии, что создает основу стабильности и противостояния организмов действию внешних источников колебания. Поэтому здоровый организм достаточно устойчив к действию естественных и техногенных ЭМП. И только длительные и повторяющиеся ЭМП способны вызвать заметные нарушения жизнедеятельности организма. В практически здоровом организме КВЧ-излучения могут выполнять и вторую функцию – повышать при многократном воздействии неспецифическую устойчивость к действию других неблагоприятных факторов.

В развитии представлений о трансляции сигналов КВЧ-излучений в организме и попытках объяснить факты возникновения эффектов ЭМИ в структурах и органах, удаленных от мест облучения, наибольший интерес вызвала солитонная гипотеза передачи сигнала. Предполагается, что низкоинтенсивные ЭМИ могут существовать и транслироваться в виде уединенных волн (эффект Ферми-Паста-Улама, (эффект ФПУ)). Экспериментально показано, что в одномерных молекулярных структурах α -спиральных белковых молекул, в ДНК и РНК возможны коллективные возбужденные состояния в виде солитонов, т. е. уединенных импульсов, перемещающихся со скоростью меньшей, чем скорость звука, и поэтому не затрачивающих энергию на излучение фотонов. Время их жизни велико и они являются идеальным переносчиком энергии вибрационных колебаний, в том числе крайне высокой частоты [8].

Не менее интересной является гипотеза, предполагающая, что ЭМИ КВЧ могут влиять не только на относительно крупные молекулярные образования, но и на молекулы, входящие в их окружение, прежде всего, на молекулы воды. Молекулы воды, которые обладают дипольным моментом, способны к изменению пространственной ориентации под воздействием ЭМП и созданию структурных конгломератов. Специфическому структурированию воды в магнитном поле (МП) способствуют находящиеся в ней ионы двухвалентных металлов, особенно Ca^{2+} , размеры которых наиболее соответствуют полости создаваемого в ЭМП гекса-аквакомплекса. Эти комплексы можно разрушить кипячением, то есть, усилением тепловых перемещений молекул, а также добавлением в раствор веществ, связывающих Ca^{2+} , а в клетках – препаратами, блокирующими Ca^{2+} -каналы [9].

Формирование аквакомплексов (кларатных структур) под воздействием МП, приводит к образованию больших метастабильных образований, свойства которых значительно отличаются от свойств молекул, входящих в их состав [10]. Эффекты МП, зафиксиро-

□ Оригинальные научные публикации

ванные структурированной водной средой, могут переноситься на другой материальный носитель, например, биообъекты следующим образом. Водные отображения кларатных структур, обладающие способностью к фрактальному росту, то есть, в постоянно увеличивающихся масштабах повторять первичную структурную архитектуру, могут быть считаны акустическими полями живых организмов в соответствии с условиями: чем больше масштаб, тем ниже частоты считываемых полей биоструктур [2]. Эти свойства воды позволяют использовать ее в качестве переносчика как внешней, так и внутренней сигнальной информации, расширяют наши представления о роли свободной и связанной воды в управлении метаболическими процессами.

Представления об информационной сущности слабых ЭМИ позволяют в заключении выдвинуть следующую гипотезу о механизмах обнаруженного радиомодулирующего эффекта излучений КВЧ (39,5 ГГц). Многолетние исследования действия ионизирующей радиации в малых дозах и низкой интенсивности позволили предположить, что ионизирующая радиация может восприниматься организмом информационно [1]. Если действие на организм малых доз ионизирующей и неионизирующей радиации имеет информационную основу, то информация может не только восприниматься, транслироваться, запоминаться, но одна информация, ранее поступившая (γ -облучение) может вытесняться другой (ЭМИ КВЧ).

Выводы

1. Тромбоциты крови животных, подвергнутых γ -облучению в дозе 1 Гр, отличаются более широким спектром реакций на инициатор агрегации АДФ ($2,5 \cdot 10^{-6}$ – $2,5 \cdot 10^{-5}$ М). Особенностью постлучевой перестройки функции тромбоцитов является наличие повышенной агрегационной способности у части животных на 3-и и 30-е сутки постлучевого периода.

2. У животных, подвергнутых γ -облучению в дозе 1 Гр, последующее воздействие ЭМИ КВЧ приводит к нормализации все показатели агрегации как в ближайшие, так и в отдаленные сроки постлучевого периода.

3. Характер наблюдаемых эффектов ЭМИ КВЧ (39,5 ГГц) зависит не только от физических параметров излучения, но и от состояния функциональных систем организма и видовой принадлежности.

Литература

1. Косова, И. П., Дорогун В. И. / Гигиеническая оценка и биологическое действие прерывистых микроволновых облучений (Сб. науч. тр. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР). – Москва, 1983. – С. 93–96.

2. Потехина, И. Л., Акоев Г. Н., Енин Л. Д., Олейнер В. Д. // Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 1992. – Т. 79, № 1. – С. 35–40.

3. Субботина, Т. И., Яшин А. А. // Основы теоретической и экспериментальной биофизики для реализации высокочастотной электромагнитной терапии. – Тула: ТулГУ, 1999. – 103 с.

4. Казначеев, В. П., Михайлова Л. П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. – Новосибирск, 1985.

5. Рокицкий, П. Ф. // Биологическая статистика. – Минск, Вышэйшая школа, 1973. – 316 с.

6. Светлова, С. Ю., Субботина Т. И., Яшин А. А. // Вестник новых мед. технологий, 2001. – Т. 81, № 1. – С. 43–44.

7. Ayropetyan, S. N., Grigorian K. V., Avanesian A. S., Stambolsian K. V. // Bioelectromagnetics. – 1994. – Vol. 15, N 2. – P. 133–142.

8. Loschinger, M., Thumm S., Hammerle H., Rotermann H. P. // Radiat. Res. – 1999. – Vol. 151, N 2. – P. 195–200.

9. Гаряев, П. П. Волновой геном. Энциклопедия русской мысли. – Москва, 1994. – Т. 5.

10. Буланова, К. Я., Лобанок Л. М. // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2004. – Т. 44, № 1. – С. 5–14.