

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՄԻՔԱԵԼՅԱՆ ՄԱՐԻԵՏԱ ՍԱՄՎԵԼԻ

ՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔՆԵՐԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՐՅԱՆ ՈՐՈՇ ԲԱՂԱԴԻՐՉՆԵՐԻ ՎՐԱ

Գ.00.02 – Կենսաֆիզիկա և կենսաինֆորմատիկա մասնագիտությամբ
կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИКАЕЛЯН МАРИЕТТА САМВЕЛОВНА

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО
ДИАПАЗОНА НА НЕКОТОРЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ КРОВИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук по специальности
03.00.02 – Биофизика и биоинформатика

ЕРЕВАН 2017

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ կենս. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Պ.Հ. Վարդևանյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ֆիզմաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Վ.Բ. Առաքելյան
կենս. գիտ. թեկնածու
Գ.Ռ. Կիրակոսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԱՆ Ճառագայթային բժշկության
և այրվածքների գիտական կենտրոն

Ատենախոսության պաշտպանությունը տեղի կունենա 2017թ. հոկտեմբերի 20-ին ժամը 14⁰⁰-ին, Երևանի պետական համալսարանում գործող ՀՀ ԲՈՂ-ի Կենսաֆիզիկայի 051 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0025, Երևան, Ալեք Սանուկյան փ. 1, ԵՊՀ, կենսաբանության ֆակուլտետ):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Երևանի պետական համալսարանի գրադարանում:

Ատենախոսության սեղմագիրն առաքված է 2017թ. սեպտեմբերի 19-ին:

051 Մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, կենս. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Մ.Ա. Փարսադանյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете
Научный руководитель: доктор биол. наук, профессор
П.О. Вардеванян

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук, профессор
В.Б. Аракелян
кандидат биол. наук
Г.Р. Киракосян

Ведущая организация: Научный центр радиационной медицины
и ожогов МЗ РА

Защита диссертации состоится 20-го октября 2017г. в 14⁰⁰ часов на заседании Специализированного совета 051 по Биофизике ВАК РА при Ереванском государственном университете (0025, Ереван, ул. Алека Манукяна 1, ЕГУ, биологический факультет).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ереванского государственного университета.

Автореферат диссертации разослан 19-го сентября 2017г.

Ученый секретарь Специализированного совета 051,
кандидат биол. наук, доцент

М.А. Парсаданян

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время электромагнитное излучение (ЭМИ) получает широкое применение почти во всех областях биологии и медицины. Известно, что низкоинтенсивное ЭМИ различных диапазонов, например, видимого, сверхвысокочастотного (СВЧ) и крайневвысокочастотного (КВЧ) оказывают значительное влияние на функциональное состояние клеток, тканей и организма в целом. В течение последних 50-60 лет, благодаря техническому прогрессу, появился новый, биологически важный фактор окружающей среды – радиочастотное ЭМИ, которое включает излучение в пределах от 3 кГц до 3000 ГГц, интенсивность которого постоянно увеличивается (Петросян и др., 2001; Allen and Ross, 2007). Учитывая данный факт, Всемирная Организация Здравоохранения внесла термин “электромагнитное загрязнение окружающей среды”, который отражает факт установления новых экологических условий на Земле. Наибольшая чувствительность к влиянию ЭМИ обнаружена у высших животных, обусловленная высокой чувствительностью центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, эндокринной и иммунной систем. Это связано с возрастающим количеством электрических линий, радио- и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи, различных энергетических и энергоемких устройств, которые производят электромагнитное излучение миллиметрового диапазона (Бецкий и др., 2001). Таким образом, в целом проблема биологической активности ЭМИ радиодиапазона, в последние годы приобретает все большее значение. Исследование воздействия данного физического фактора окружающей среды на биологические системы, разной сложности, является одним из актуальных направлений современной биомедицины.

Цель и задачи исследования: Целью диссертационной работы являлось исследование влияния электромагнитных волн крайне высокой частоты на физико-химические свойства цельной крови и ее отдельных составляющих. В частности, исследовано влияние этих волн на плазму и эритроциты крови крыс, а также проводились модельные эксперименты по исследованию влияния этих волн на альбумин, в качестве одного важного белкового составляющего крови.

Для осуществления поставленной цели нами были приняты к решению следующие задачи:

- Исследование влияния ЭМИ КВЧ на поверхностное натяжение плазмы крови крыс;
- Изучение влияния ЭМИ КВЧ на изменения величины электрокинетического потенциала и плотности поверхностного заряда эритроцитов крови крыс;
- Изучение влияния ЭМИ КВЧ на резистентность и скорость гемолиза эритроцитов крови крыс;
- Выявление воздействия ЭМИ КВЧ на изменение флуоресцентных свойств сывороточного альбумина крови человека;
- Изучение влияния ЭМИ КВЧ на термостабильность сывороточного альбумина крови человека, при помощи кривых денатурации.

Научная новизна: Впервые в работе проводились модельные исследования по выявлению эффекта ЭМИ КВЧ на кровь и ее отдельные составляющие. В экспериментах использовали плазму, эритроциты крови крыс и сывороточный альбумин крови человека. На основании полученных данных показано, что:

- Облучение ЭМИ КВЧ плазмы крови крыс приводит к возрастанию коэффициента поверхностного натяжения. Величина изменения зависит от продолжительности воздействия.
- Облучение ЭМИ КВЧ суспензии эритроцитов крови крыс приводит к изменению плотности поверхностного заряда и величины электрокинетического потенциала. Обнаружено, что величина эффекта зависит от частоты и времени облучения.
- Облучение ЭМИ КВЧ суспензии эритроцитов крови крыс приводит к уменьшению резистентности и ускорению гемолиза. С другой стороны, облучение способствует агрегации эритроцитов.
- Облучение ЭМИ КВЧ раствора сывороточного альбумина крови человека приводит к увеличению интенсивности флуоресценции и в этом случае также величина наблюдаемого эффекта зависит от частоты излучения. Более того, в течение 48 часов после облучения эффект воздействия возрастает, затем происходит постепенное угасание наблюдаемого эффекта и система стремится вернуться в исходное состояние на 6-ой день после облучения.
- После облучения ЭМИ КВЧ раствора сывороточного альбумина крови наблюдается повышение термостабильности белка и альбумин начинает денатурироваться при более высоких температурах. Наблюдается та же динамика изменения исследуемого параметра во времени, что и при изменении флуоресценции.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Воздействие ЭМИ КВЧ на поверхностное натяжение плазмы и электрокинетический потенциал, плотность поверхностного заряда и резистентность эритроцитов крови крыс;
- Влияние ЭМИ КВЧ на изменение флуоресцентных свойств сывороточного альбумина крови человека и проблема обратимости этого эффекта;
- Воздействие ЭМИ КВЧ на термостабильность сывороточного альбумина крови человека и обратимость изменения термостабильности.

Практическая ценность работы: Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что полученные результаты позволят оценить возможные последствия облучения организма и возможные изменения функционального состояния органов и отдельных клеток вследствие изменения физико-химических свойств одной из составляющих внутренней среды организма. Анализ полученных данных показывает, что под воздействием этих волн меняется поверхностное натяжение плазмы, что может быть связано с конформационными изменениями белков, а отдельно проведенные модельные эксперименты свидетельствуют, что, в зависимости от частоты облучения, происходит конформационное изменение белка альбумина. Важное практическое значение имеет то обстоятельство, что наблюдаемые изменения обратимы. Кроме того, облучение приводит к агрегации эритроцитов в суспензии.

Полученные в работе данные могут стать основой для дальнейших исследований в данной области. Они также могут быть использованы в специальных лекционных курсах для студентов соответствующих кафедр ЕГУ, а также в научных лабораториях, занимающихся исследованием воздействия ЭМИ КВЧ на биологические объекты и, в частности, на кровь и ее составляющие.

Апробация работы: Материалы диссертации докладывались и обсуждались на семинарах кафедры биофизики ЕГУ и на следующих научных конференциях: International Workshop “Ionizing and Non-Ionizing Radiation Influence on Structure and Biophysical Properties of Living Cells, Tsaghkadzor, Armenia, Sept. 25-27, 2015; The joint annual meeting of the bioelectromagnetics society and the European BioElectromagnetics association co-organized with the Europ. COST EMF-MED action BM1309, Ghent, Belgium, June 2-10, 2016; Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем, Международная научная конференция, Двенадцатый съезд Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, Беларусь, июнь 28-30, 2016; International Conference “Smart Bio”, Kaunas, Lithuania, May 18-20, 2017.

Публикации: По теме диссертации опубликованы 15 научных работ.

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка литературы, насчитывающего 178 наименований. Диссертация изложена на 117 страницах, включает 20 рисунка и 3 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении кратко описывается структура диссертационной работы, обсуждаются ее цель, актуальность и научное значение.

Первая глава посвящена обсуждению влияния электромагнитных волн на биологические системы, принятых в настоящее время теорий относительно механизмов воздействия ЭМИ миллиметрового диапазона. Приводятся общие сведения о дисперсных системах и обсуждаются свойства крови, как полидисперсной системы. В частности, обсуждаются физико-химические характеристики эритроцитов, а также структура и функции одного из белков плазмы альбумина.

Вторая глава посвящена материалам и методам исследования.

Использованные материалы. В работе использованы белые беспородные лабораторные крысы (*Rattus norvegicus*, “vistar”) весом 80-100 г, физиологический раствор, Na-цитрат, сывороточный альбумин крови человека (“Sigma”, USA). Кровь животных собиралась в стеклянной чашке, куда предварительно вносили 1-2 мл 5% раствор Na-цитрата, приготовленном на физиологическом растворе. От каждого животного получали 3-3.5 мл крови. Кровь центрифугировали в течение 15 мин с ускорением 1500g на центрифуге Electronic centrifuge capacity.

Коэффициент поверхностного натяжения плазмы рассчитывался методом Дью Нуи.

Для определения электрокинетического потенциала эритроцитов крови крыс, эритроциты отделялись от надосадочной жидкости, промывали

эритроциты физиологическим раствором 2 раза. К осадку эритроцитов добавляли физиологический раствор и определяли оптическую плотность полученной суспензии. Оптическую плотность суспензии доводили до 0.7. Небольшой объем суспензии эритроцитов вносили в электрофоретическую ячейку и определяли скорость движения эритроцитов в электрическом поле. Электрокинетический потенциал эритроцитов определяли отношением линейной скорости частицы к градиенту потенциала электрического поля. Рассчитывали также плотность поверхностного заряда эритроцитов.

Определяли также резистентность эритроцитов. Гемолиз осуществляли с помощью 0.004 N HCl. О гемолизе судили по изменению оптической плотности суспензии эритроцитов при длине волны 670 нм в течение времени. На основании этих данных строили эритрограммы, которые дают информацию о распределении эритроцитов по устойчивости к гемолизирующему фактору. Измеряли также плотность суспензии эритроцитов.

Для получения кривых денатурации сывороточного альбумина крови человека, приготовленные на физиологическом растворе облученные и необлученные растворы альбумина нагревались в кварцевых кюветках. При достаточно высокой температуре происходит конформационный переход белка (денатурация). Значения температуры и поглощения света при 280 нм длине волны в течение денатурации выводились на мониторе в программной среде LabVIEW. Затем строились кривые денатурации, по которым можно судить об изменении температуры денатурации и термостабильности.

Для получения спектров флуоресценции облученные и необлученные растворы сывороточного альбумина человека возбуждались длиной волны 280 нм, затем на основании полученных спектров судили об изменениях флуоресцентной интенсивности растворов.

Использованные приборы. Спектрофотометрические измерения проводились на спектрофотометре PVE Unicam-100 (Англия). Нагрев растворов препаратов осуществлялся с помощью программного устройства SP 876 Series 2, со скоростью 0.25°C/мин. Для спектрофотометрических измерений использовались герметически закрытые тefлоновыми пробками кварцевые кюветы, длиной оптического пути 10 мм и объемом 3 мл. Кривые денатурации альбумина строились, как описано в (Vardevanyan et al., 2001). Значения температуры и поглощения были выведены на монитор компьютера в программной среде LabVIEW 8.5 (National Instruments) с помощью программы разработанной доцентом кафедры оптики ЕГУ В.Л. Элбакином. Спектры флуоресценции получали на Cary Eclipse спектрофлуориметре в интервале длин волн $290 \leq \lambda \leq 500$ нм. Денситометрические исследования проводились на денситометре Anton Paar DMA 4500 vibrating tube densitometer. Эксперименты осуществлялись при температурах 20°C и 30°C. В качестве источника облучения ЭМИ КВЧ применялся генератор Г4-141 (СССР), с рабочим интервалом частот 37.50-53.57 ГГц и плотностью потока мощности 0.6 мВт/см². Стабильность частоты сигнала составляла $\pm 0.05\%$, и отклонение частоты выходного сигнала в непрерывном режиме генерации не превышало 6МГц. Облучение образцов суспензии эритроцитов и растворов альбумина проводилось в чашках Петри, покрытых целлофаном во избежание испарения воды, с разной продолжительностью, частотами 41.8, 42.2, 48, 50.3 и 51.8ГГц.

Толщина облучаемого раствора составляла ~1 мм. Во всех проведенных экспериментах величина статистической ошибки не превышала 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние ЭМИ КВЧ на изменения поверхностного натяжения плазмы крови крыс. Исследовано влияние ЭМИ КВЧ на коэффициент поверхностного натяжения при облучении экспозицией 20, 40, 60, 80 и 100 мин. На рис. 1 приведены значения поверхностного натяжения $\sigma_{пл.}$. Как видно из рис. 1, при облучении частотами 41.8, 42.2, 50.3 и 51.8 ГГц $\sigma_{пл.}$ возрастает по сравнению с контролем.

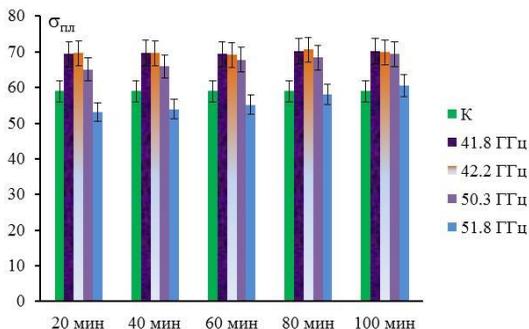


Рис. 1. Зависимость значений коэффициента поверхностного натяжения плазмы крови крыс от частоты и продолжительности облучения ЭМИ КВЧ.

Изменение коэффициента поверхностного натяжения зависит и от продолжительности воздействия. Наблюдается также зависимость от частоты облучения. Так, при облучении частотой 41.8 ГГц продолжительностью 20 мин $\sigma_{пл.}$ плазмы возрастает на 17.46% по сравнению с контролем, а уже при продолжительности 100 мин – 18.98%. При облучении частотой 42.2 ГГц продолжительностью 20 мин $\sigma_{пл.}$ плазмы возрастает на 17.8%, однако при продолжительности 100 мин – 16.95%. При облучении частотой 50.3 ГГц продолжительностью 20 мин $\sigma_{пл.}$ плазмы возрастает на 10.3%, продолжительностью 40 мин – 17.9%, 60 мин – 14.9%, 80 мин – 15.9% и 100 мин – 2.5%. При облучении частотой 51.8 ГГц наблюдается некоторое уменьшение значения $\sigma_{пл.}$ плазмы по сравнению с контролем.

С увеличением продолжительности облучения значение $\sigma_{пл.}$ претерпевает некоторое возрастание, что, вероятно, обусловлено изменением белков плазмы под воздействием ЭМИ КВЧ, что и приводит к увеличению $\sigma_{пл.}$

Таким образом, полученные результаты дают основу полагать, что облучение ЭМИ КВЧ действует на физико-химические свойства плазмы крови крыс и приводит к увеличению коэффициента поверхностного натяжения. Поскольку в условиях целостного организма изменение поверхностного натяжения плазмы свидетельствует о нарушении гомеостаза, то можно полагать, что при облучении целостного организма можно ожидать некоторое нарушение гомеостаза.

Влияние ЭМИ КВЧ на плотность поверхностного заряда, электрокинетический потенциал и резистентность эритроцитов крови крыс.
 Исследовано влияние ЭМИ КВЧ частотами 41.8, 42.2, 50.3 и 51.8 ГГц на плотность поверхностного заряда эритроцитов крови крыс. На рис. 2 представлены значения плотности поверхностного заряда под воздействием ЭМИ КВЧ частотами 41.8, 42.2, 50.3 и 51.8 ГГц.

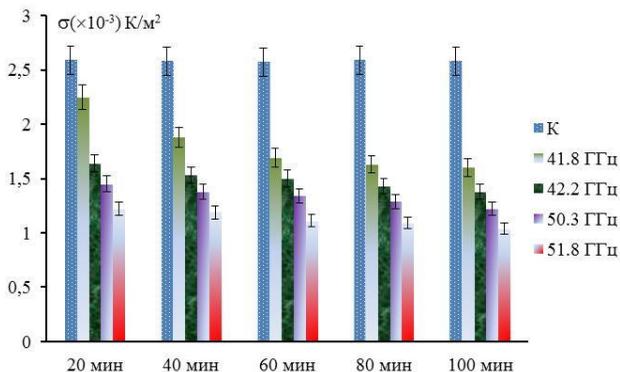


Рис. 2. Изменения абсолютного значения плотности поверхностного заряда эритроцитов крови крыс под воздействием ЭМИ КВЧ частотами 41.8, 42.2, 50.3 и 51.8 ГГц.

Как видно из рис. 2, значения плотности поверхностного заряда эритроцитов крови крыс уменьшаются по сравнению с контролем. Также видно, что уменьшение величины зависит от частоты и продолжительности облучения. Так, при облучении частотой 41.8 ГГц в течение 20 мин, абсолютное значение (поверхностный заряд отрицательный) σ уменьшается на 13% по сравнению с контролем, а с увеличением продолжительности экспозиции до 100 мин – на 38%. При облучении частотой 42.2 ГГц в течение 20 мин уменьшение абсолютного значения σ составляет 37%, с увеличением продолжительности до 100 мин – на 46.5% по сравнению с контролем. При облучении ЭМИ частотой 50.3 и 51.8 ГГц наблюдается та же закономерность: уменьшение абсолютного значения σ по сравнению с контролем. При облучении ЭМИ частотой 50.3 ГГц значения изменения величины σ составляют 44% и 53% соответственно. При облучении ЭМИ частотой 51.8 ГГц уменьшение исследуемого параметра составляет 53% и 60% по сравнению с контролем соответственно. Результаты исследований влияния ЭМИ КВЧ на электрокинетический потенциал эритроцитов крови крыс показывают, что облучение эритроцитов частотами 41.8, 42.2, 50.3 и 51.8 ГГц приводит к уменьшению абсолютной величины электрокинетического потенциала. На рис. 3 приведены значения ξ -потенциала эритроцитов.

Как видно из рис. 3, изменение абсолютной величины ξ -потенциала носит разнонаправленный характер, но в целом величина уменьшается по сравнению с контролем. При облучении суспензии эритроцитов ЭМИ КВЧ частотой 41.8 ГГц продолжительностью 20 мин, абсолютное значение ξ -

потенциала уменьшается на 23.24%, а продолжительностью 100 мин значение уже уменьшается на 44.6%. При облучении частотой 42.2 ГГц наблюдается следующая картина: при продолжительности 20 мин абсолютное значение ξ -потенциала уменьшается на 16.38%, а при продолжительности 100 мин значение уменьшается на 39% по сравнению с контролем. При облучении частотой 50.3 ГГц наблюдается следующая картина: при продолжительности 20 мин абсолютное значение ξ -потенциала уменьшается на 10.95%, а при продолжительности 100 мин значение уменьшается на 6.5% по сравнению с контролем. При облучении частотой 51.8 ГГц и продолжительности 20 мин абсолютное значение ξ -потенциала уменьшается на 27.6%, и уже при продолжительности 100 мин значение уменьшается на 12.2% по сравнению с контролем. Таким образом, как при облучении, так и с увеличением его продолжительности абсолютное значение ξ -потенциала начинает падать.

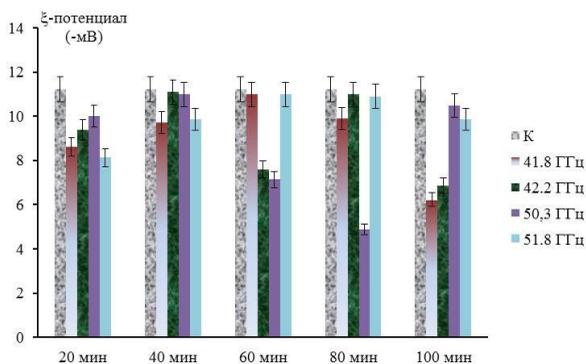


Рис. 3. Зависимость абсолютных значений электрокинетического потенциала эритроцитов от частоты ЭМИ КВЧ и продолжительности облучения суспензии эритроцитов.

С целью исследования влияния ЭМИ КВЧ на физико-химические свойства эритроцитов, определялась устойчивость эритроцитов крови крыс методом кислотного гемолиза. Проведен гемолиз эритроцитов облученных ЭМИ с частотами 42.2 и 51.8 ГГц в течение 20, 40, 60, 80 и 100 мин. Полученные данные указывают, что при облучении частотами 42.2 ГГц и продолжительностью 60 мин возрастает процент гемолизированных эритроцитов, а с увеличением времени облучения на эритрограммах появляется левое плечо, что указывает на то, что устойчивость эритроцитов падает. В случае облучения частотой 51.8 ГГц наблюдается такая же закономерность, и с увеличением времени облучения, процент гемолизированных эритроцитов увеличивается. Так, ЭМИ КВЧ действует на резистентность эритроцитов крови крыс, при этом влияние гемолитика физической природы усиливает влияние гемолитика химической природы – кислоты.

Таким образом, облучение ЭМИ КВЧ приводит к уменьшению абсолютной величины плотности поверхностного заряда эритроцитов, уменьшается также абсолютная величина электрокинетического потенциала

эритроцитов. Уменьшение абсолютной величины электрокинетического потенциала сопровождается увеличением поверхности клетки. Последнее приводит к увеличению проницаемости мембраны, уменьшению стабильности эритроцита к гемолитику и ускорению гемолиза. В работе (Fernandes et al., 2011) получено, что агрегация эритроцитов обусловлена уменьшением величины плотности поверхностного заряда, что, в свою очередь, приводит к увеличению СОЭ (скорость оседания эритроцитов). В работе (Логинов и др., 1999) показано, что СОЭ возрастает при облучении эритроцитов ЭМИ КВЧ.

Влияние ЭМИ КВЧ на плотность суспензии эритроцитов крови крыс.

Исследовано влияние ЭМИ КВЧ частотой 50.3 ГГц на плотность суспензии эритроцитов крови крыс. Показано, что облучение приводит к уменьшению поглощения (оптической плотности) суспензии по сравнению с контролем, при этом, чем больше продолжительность облучения, тем больше уменьшение поглощения суспензии при $\lambda=670$ нм. Из литературных данных известно, что рассеяние света в суспензии свидетельствует о доле целостных, неповрежденных эритроцитов в суспензии (Потапенко и др., 2006). Это значит, что при других равных условиях (плотность, концентрация и др.) уменьшение поглощения свидетельствует о том, что происходит оседание эритроцитов и доля полностью здоровых эритроцитов уменьшается. Исходя из этого, можно полагать, что ЭМИ КВЧ является фактором, ускоряющим оседание эритроцитов. С другой стороны, это может быть связано с тем, что происходит агрегация эритроцитов. Этот факт согласуется с литературными данными (Логинов и др., 1999; Rybalko et al., 2002). В работе (Мальцева и др. 2011) установлено, что развитие выраженного гемолиза связано с высокой степенью агрегации эритроцитов. Облучение суспензии приводит к уменьшению плотности поверхностного заряда эритроцитов, что, в свою очередь, способствует сближению и агрегации эритроцитов.

На рис. 4 приведены зависимости плотности суспензии эритроцитов от численной концентрации (количество эритроцитов в 1 см^3) при температурах 20°C (А) и 30°C (Б), когда суспензии облучались ЭМИ КВЧ частотой 50.3 ГГц продолжительностью 60 мин.

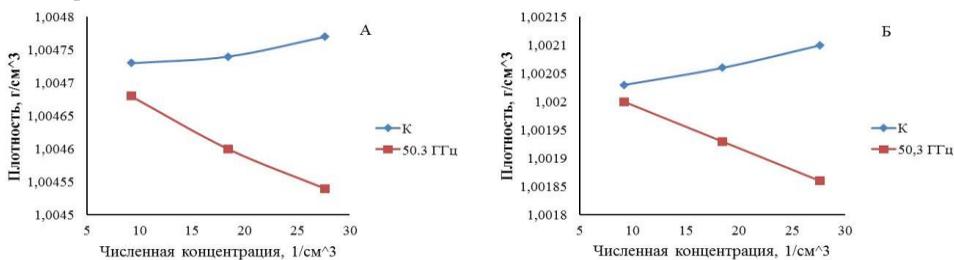


Рис. 4. Зависимость плотности суспензии эритроцитов от численной концентрации при облучении ЭМИ КВЧ частотой 50.3 ГГц, продолжительностью 20 мин при температуре 20°C (А) и 30°C (Б).

Как видно из рис. 4, плотность эритроцитов в контрольной суспензии растет с увеличением численной концентрации. В облученной суспензии, наоборот, плотность уменьшается с увеличением концентрации. Эта закономерность

наблюдается и при 20⁰С, и при 30⁰С, однако, при более высокой температуре (30⁰С) объем суспензии увеличивается и при одних и тех же поглощениях плотность суспензии меньше.

Из вышеизложенного следует, что облучение плазмы крови крыс приводит к увеличению поверхностного натяжения, что может быть связано с изменениями свойств составляющих плазмы. С другой стороны, облучение суспензии эритроцитов приводит к уменьшению значения плотности поверхностного заряда эритроцитов, а также уменьшению их электрокинетического потенциала, что в свою очередь, влияет на скорость оседания эритроцитов (Самойлов, 2007). После облучения в суспензии часть эритроцитов гемолизируется или образуются агрегаты и общая плотность суспензии уменьшается. В случае суспензии с большим поглощением или высоких концентраций эритроцитов, вероятность агрегации больше, следовательно уменьшение плотности больше.

Таким образом, из полученных данных можно заключить, что облучение ЭМИ КВЧ приводит к ускорению оседания и агрегации эритроцитов.

Влияние ЭМИ КВЧ на флуоресценцию раствора альбумина крови человека. С целью выяснения влияния ЭМИ КВЧ на составляющие крови проведены также модельные исследования воздействия данного фактора на один из белков плазмы крови – альбумин. В ультрафиолетовом спектре почти все белки обладают флуоресценцией. Флуоресцирующими аминокислотными остатками являются фенилаланин, тирозин и триптофан. При одновременном присутствии этих трех остатков спектр флуоресценции в основном определяется триптофаном. Так, сывороточный альбумин человека содержит один триптофан и 18 тирозинов, однако вклад тирозинов в флуоресценции альбумина небольшой (Steiner and Edelhoeh, 1963). Единственный триптофан в сывороточном альбумине человека, локализованный в позиции 214, обладает большой чувствительностью к локальному окружению и ответственен за флуоресценцию. Растворы альбумина облучались ЭМИ КВЧ в течение 30 мин (А) и 60 мин (Б) частотами 41.8, 48.0, 51.8 ГГц. На рис. 5 приведены спектры флуоресценции после облучения экспозициями 30 мин (А) и 60 мин (Б).

Как видно из приведенного рисунка (рис. 5А), наибольшая интенсивность флуоресценции наблюдается при облучении частотой 41.8 ГГц. Значительный эффект наблюдается и при частоте 51.8 ГГц, а при облучении частотой 48.0 ГГц интенсивность флуоресценции почти не меняется по сравнению с контролем и величина изменения находится в пределах ошибки; спектр флуоресценции практически совпадает со спектром контроля. В таблице 1 приведены значения максимальных интенсивностей флуоресценции, длины волн возбуждения и максимальной эмиссии.

Как показывают табличные данные, флуоресценция растворов альбумина обусловлена возбуждением триптофанового остатка, поскольку разница между длинами волн возбуждения и эмиссии дает информацию о тирозине или триптофане. Как показано в работе (Miller, 1979), если $\Delta\lambda=15$ нм (где $\Delta\lambda$ есть разница между длинами волн максимальной флуоресценции и возбуждения), то спектр флуоресценции белка обусловлен флуоресценцией тирозина, если $\Delta\lambda=60$ нм – флуоресценцией триптофана.

Из таблицы 1 видно, что $\Delta\lambda>60$ нм, так что в сывороточном альбумине человека флуоресценция происходит за счет единственного триптофана. Если

максимальная интенсивность флуоресценции триптофана наблюдается в диапазоне от 322 нм до 335 нм, то флуоресцирует триптофан, находящийся внутри глобулы белка.

Если максимум находится около 355 нм, то триптофан находится в гидрофильном окружении (Munishkina and Fink, 2007). Согласно полученным данным длина волны максимальной флуоресценции сдвигается в сторону длинных волн – от 348 нм к 352 нм, что свидетельствует о переходе триптофана в более гидрофильное окружение. Учитывая также, что в нативном белке триптофан полностью не изолирован от водной среды (длина волны максимальной флуоресценции равна 348 нм), можно заключить, что при облучении частотой 41.8 ГГц в молекуле альбумина происходит определенное конформационное изменение.

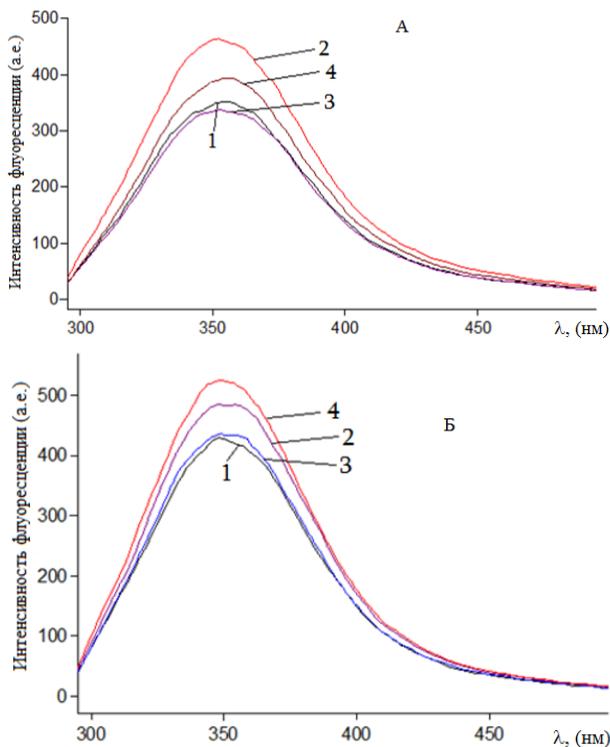


Рис. 5. Спектры флуоресценции растворов альбумина. 1- спектр контрольного образца, 2-, 3- и 4- спектры образцов облученных ЭМИ КВЧ частотами 41,8, 48,0 и 51,8 ГГц соответственно, продолжительностью 30 мин (А) и 60 мин (Б).

Следуя той же логике, можно прийти к выводу, что при облучении ЭМИ с частотами 48,0 и 51,8 ГГц конформационные изменения не происходят. При облучении раствора ЭМИ с резонансной для воды частотой 51,8 ГГц, наблюдаемое увеличение интенсивности флуоресценции обусловлено водной

компонентой раствора. В присутствии макромолекул вода структурируется вблизи этих молекул и вода частично тушит флуоресценцию, поэтому максимальная интенсивность флуоресценции альбумина ниже по сравнению с результатами, полученными при облучении раствора альбумина ЭМИ с частотой 41.8 ГГц. При увеличении продолжительности облучения наблюдается обратная картина. Из рис. 5Б видно, что интенсивность флуоресценции наибольшая в случае облучения частотой 51.8 ГГц. По всей вероятности, при облучении ЭМИ в течение 60 мин с частотой 51.8 ГГц в гидратной оболочке белка происходят более глубокие структурные изменения, в результате чего интенсивность флуоресценции увеличивается.

Таблица 1. Интенсивность флуоресценции и положение максимумов ($\lambda_{\text{возбужд}}=280 \text{ нм}$) при облучении ЭМИ КВЧ продолжительностями 30 и 60 мин.

Частота, ГГц	$\lambda_{\text{фл.}}$, нм	$I_{\text{фл.}}$, а.е.	$\lambda_{\text{фл.}}$, нм	$I_{\text{фл.}}$, а.е.
	30 мин		60 мин	
Без облучения	348	351.7	348	429.15
41.8	352	464.02	354	484.4
48.0	350	337.2	349	435.99
51.8	348	394.7	348	524.54

Исследовано также влияние ЭМИ КВЧ с частотой 51.8 ГГц на флуоресценцию сывороточного альбумина человека через 24, 48 часов и 6 дней после однократного 60-минутного облучения (рис. 6). Как видно из рис. 6, эффект возрастания максимальной интенсивности флуоресценции сохраняется до 48 часов после облучения. Однако через 6 дней после облучения интенсивность флуоресценции уменьшается (рис. 6, кривая 5), но остается выше контрольного значения.

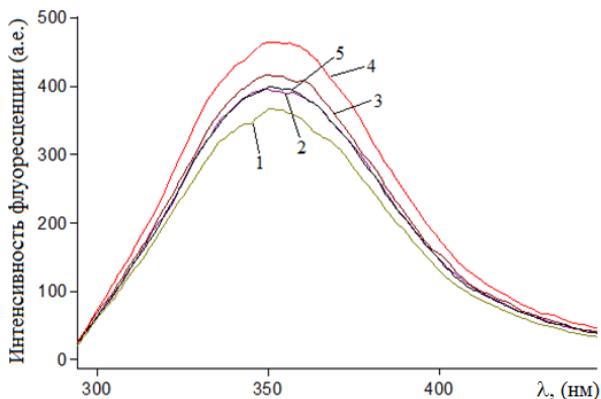


Рис. 6. Спектры флуоресценции альбумина. 1 – спектр необлученного образца; 2 – спектр образца, облученного частотой 51.8 ГГц непосредственно после облучения; 3 – спектр образца, облученного частотой 51.8 ГГц через 24 ч. после облучения; 4 – спектр образца, облученного частотой 51.8 ГГц через 48 ч. после облучения; 5 – спектр образца, облученного частотой 51.8 ГГц через 6 дней после облучения.

Следует отметить, что интенсивность флуоресценции контрольного образца практически не меняется после 24, 48 часов и 6 дней. Согласно полученным данным, в результате облучения длина волны максимальной флуоресценции почти не меняется, что позволяет предположить, что влияние ЭМИ КВЧ частотой 51.8 ГГц не вызывает существенных конформационных изменений, о чем свидетельствуют также приведенные ранее данные. Интенсивность флуоресценции возрастает после облучения. По всей вероятности, энергия облучения переходит от молекул воды к единственному триптофану резонансным механизмом, что и приводит к росту интенсивности флуоресценции. Этот эффект усиливается в течение последующих 48 часов (рис. 6, кривые 3 и 4). Однако, после 6-и дней после облучения интенсивность флуоресценции уменьшается (рис. 6, кривая 5).

Влияние ЭМИ КВЧ на термостабильность альбумина крови человека.

Исследовано влияние ЭМИ КВЧ на термостабильность сывороточного альбумина человека. Растворы альбумина облучались ЭМИ с частотами 41.8, 48 и 51.8 ГГц в течение 60 мин, после чего облученные образцы подверглись термической денатурации. На рис. 7 приведены нормированные (рис. 7А) и ненормированные (рис. 7Б) кривые денатурации альбумина после облучения ЭМИ с частотами 41.8 и 51.8 ГГц (кривые денатурации после облучения частотами 48.0 и 51.8 ГГц практически совпадают, поэтому представлена только одна кривая). Кривые термоиндуцированной денатурации молекул альбумина в облученных растворах сдвинуты в сторону более высоких температур по сравнению с необлученным вариантом. Интересным является тот факт, что кривая 3, которая соответствует альбумину, облученному не резонансной для воды частотой (41.8 ГГц) ЭМИ, сдвинута в сторону более высоких температур по сравнению с остальными кривыми. Многочисленные работы показывают, что ЭМИ КВЧ действует на биологические системы через воздействие на воду. Полученные данные свидетельствуют о том, что в результате облучения ЭМИ с частотой 41.8 ГГц, белок приобретает специфическую структуру, которая отличается от таковых до облучения и после облучения частотой 51.8 ГГц, за счет чего он становится устойчивым к денатурирующему фактору.

Приобретенная устойчивость молекулы альбумина, по всей вероятности, обусловлена тем, что вследствие воздействия ЭМИ КВЧ частотой 41.8 ГГц белок приобретает более компактную, плотную конформацию. По-видимому, подобное, но менее выраженное изменение наблюдается и в случае облучения 51.8 ГГц. Из ненормированных кривых денатурации видно (рис. 7Б), что гиперхромизм растворов альбумина при облучении ЭМИ с частотой 41.8 ГГц вдвое ниже, чем у необлученного и облученного ЭМИ с частотой 51.8 ГГц белков. Учитывая тот факт, что гиперхромный эффект белков (а также нуклеиновых кислот) обусловлен клубкообразной структурой (Фрайфелдер, 1980), можно полагать, что при облучении частотой 41.8 ГГц белок не полностью переходит в клубкообразное состояние, как это происходит в случаях необлученного и облученного частотой 51.8 ГГц образцов. Вероятно, энергия ЭМИ частотой 41.8 ГГц непосредственно поглощается белковой молекулой, в то время как энергия ЭМИ частотой 51.8 ГГц поступает к молекулам белка опосредовано от молекул воды. В этом случае также

структура белка становится более стабильной к денатурирующему фактору, однако степень стабилизации меньше.

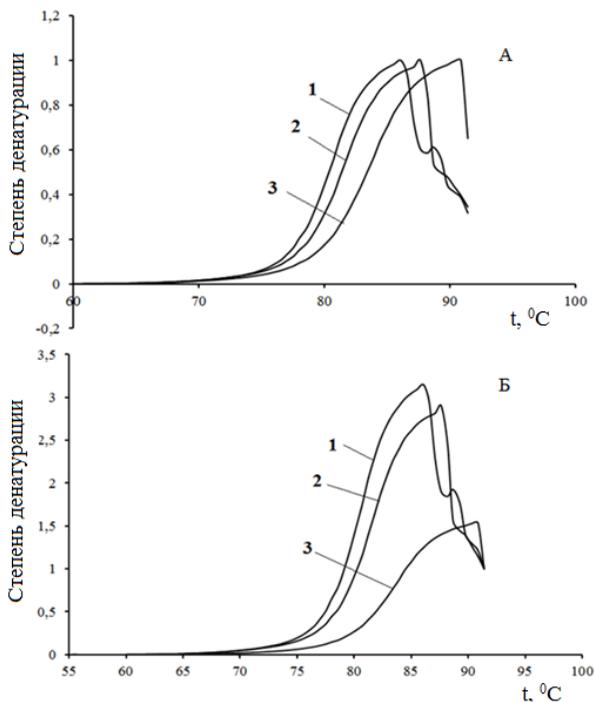


Рис. 7. Нормированные (А) и ненормированные (Б) кривые денатурации необлученного (1) и облученного альбумина ЭМИ КВЧ частотами 51.8 (2) и 41.8 (3) ГГц.

Исследовано влияние однократного 60-минутного облучения ЭМИ КВЧ на термостабильность альбумина в течение длительного времени через 24, 48 часов и 6 дней после облучения (рис. 8). Из рис. 8 видно, что при облучении альбумин начинает денатурироваться при более высоких температурах. Однако стоит отметить, что если после облучения температура денатурации составляла 82⁰С (в контроле – 80.7⁰С), то через 24 и 48 часов смещается в сторону более высоких температур до 84.4 и 86.5⁰С, соответственно через 6 дней после облучения наблюдается понижение температуры денатурации (83.4⁰С), что означает, что происходит частичное восстановление наблюдаемых изменений. Этот результат подтверждает факт передачи энергии вглубь молекулы, за счет чего в ней происходят структурные изменения, приводящие к стабилизации белка под влиянием температуры. Эти изменения обратимы, о чем свидетельствует понижение температуры денатурации через 6 дней после облучения.

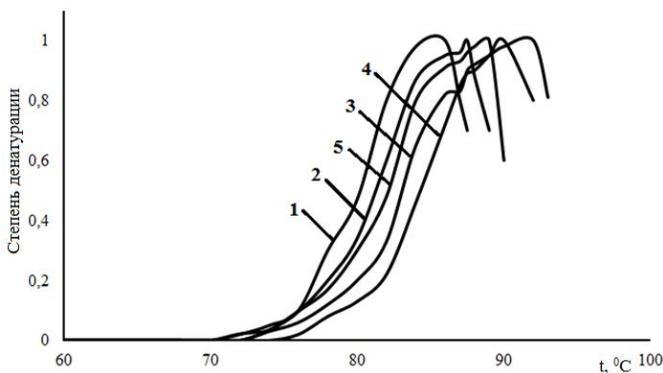


Рис. 8. Кривые денатурации неoblученного (1) и облученных ЭМИ с частотой 51.8 ГГц образцов альбумина. 2 – кривая денатурации альбумина непосредственно после облучения; 3 – кривая денатурации альбумина через 24 ч после облучения; 4 – кривая денатурации альбумина через 48 ч после облучения; 5 – кривая денатурации альбумина через 6 дней после облучения.

На основании полученных данных можно заключить, что облучение ЭМИ КВЧ резонансной для воды частотой 51.8 ГГц, приводит к стабилизации структуры белка. Наблюдаемый эффект сохраняется в течение 48 часов. В течение этого времени наблюдается увеличение стабильности молекул белка, после чего система стремится возвратиться в исходное состояние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование влияния ЭМИ КВЧ на кровь и некоторые ее составляющие. Из полученных в работе данных выявлено, что ЭМИ КВЧ приводит к увеличению коэффициента поверхностного натяжения плазмы крови крыс, что в условиях целостного организма может менять гомеостаз. С другой стороны, под влиянием ЭМИ КВЧ, уменьшается абсолютное значение плотности поверхностного заряда эритроцитов и соответственно меняется электрокинетический потенциал мембраны эритроцитов. Кроме того, влияние ЭМИ КВЧ ускоряет гемолиз эритроцитов. Из денситометрических измерений видно, что ЭМИ КВЧ приводит к уменьшению плотности эритроцитов в суспензии. На основании полученных экспериментальных и существующих литературных данных можно заключить, что данный фактор физической природы способствует агрегации эритроцитов. Во второй серии экспериментов исследовано влияние ЭМИ КВЧ на флуоресценцию и термостабильность альбумина, как важной белковой компоненты крови. Показано, что под воздействием ЭМИ КВЧ увеличивается интенсивность флуоресценции альбумина, что свидетельствует о конформационных изменениях белка. С другой стороны, увеличивается термостабильность белка.

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием ЭМИ КВЧ с разной частотой и продолжительностью экспозиции коэффициент поверхностного натяжения плазмы крови крыс растет, что указывает на изменение физико-химических свойств плазмы крови, что может привести к изменению гомеостаза.
2. Облучение суспензии эритроцитов крови крыс ЭМИ КВЧ с разными частотами и продолжительностью экспозиции приводит к уменьшению плотности поверхностного заряда эритроцитов крови крыс, при этом, величина изменения больше при облучении частотами, резонансными для воды, чем не резонансными. Аналогичный характер изменений наблюдается и при определении электрокинетического потенциала.
3. Уменьшение поверхностного заряда эритроцитов, вследствие облучения ЭМИ КВЧ, приводит к уменьшению резистентности эритроцитов и ускорению гемолиза. Кроме того, облучение приводит к агрегации эритроцитов, о чем свидетельствует уменьшение плотности суспензии.
4. Облучение ЭМИ КВЧ раствора сывороточного альбумина человека приводит к возрастанию интенсивности флуоресценции белка. Степень изменения зависит от продолжительности облучения и частоты ЭМИ. Механизм действия разных частот ЭМИ на белок различен: облучение частотой 41.8 ГГц приводит к конформационным изменениям белка, облучение частотой 51.8 ГГц приводит к изменению упорядоченной структуры гидратной оболочки вокруг молекулы альбумина. Эффект облучения сохраняется и усиливается в течение 48 часов после облучения. В дальнейшем интенсивность флуоресценции начинает уменьшаться, стремясь возвратиться в исходное состояние.
5. Под воздействием ЭМИ КВЧ растет термостабильность сывороточного альбумина человека. Об этом свидетельствуют кривые денатурации облученного альбумина. Облученные образцы денатурируются при более высоких температурах по сравнению с необлученными образцами. В этом случае также наблюдаемый эффект сохраняется и усиливается в течение 48 часов после облучения. После 48 часов система стремится возвратиться в начальное положение.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Неркарян А.В., Вардеванян О.П., Микаелян М.С., Карапетян А.А. Влияние электромагнитных излучений КВЧ низкой интенсивности на устойчивость эритроцитов крови человека. *Кровь*, т. 10, N10, 2010, с. 82-86.
2. Nerkararyan A.V., Mikaelyan M.S., Shahinyan M.A., Vardevanyan P.O. Change of electrokinetic potential value of rat blood erythrocytes irradiated by EMI EHF. *Int. J. of Scientific Res. in Environ. Sciences*, v. 2, N7, 2014, p. 228-232.
3. Mikaelyan M.S. Influence of EMI EHF on plasma surface tension of rat blood. *YSU Reports*, N3, 2014, p. 24-28.

4. Вардеванян П.О., Неркарарян А.В., Микаелян М.С., Шагинян М.А. Влияние электромагнитного излучения крайне высокой частоты на гемолиз эритроцитов крови крыс. Биомед. радиоэлектроника, N3, 2015 с. 56-60.
5. Nerkararyan A.V., Mikaelyan M.S., Shahinyan M.A., Vardevanyan P.O. Surface charge density of rat blood erythrocytes under the influence of millimeter diapason electromagnetic radiation. *Biolog. Journal of Armenia*, v. 67, N3, 2015, p. 16-20.
6. Vardevanyan P.O., Shahinyan M.A., Nerkararyan A.V., Mikaelyan M.S., Darbinyan M.R. Effect of low intensity EMW EHF on suspension density of rat blood erythrocytes. *Braz. J. of Biol. Sci.*, v. 2, N4, 2015, p. 193-197.
7. Nerkararyan A.V., Shahinyan M.A., Mikaelyan M.S., Vardevanyan P.O. Influence of electromagnetic waves with extremely high frequencies on rat blood plasma surface tension. Intern. workshop on ionizing and non-ionizing radiation influence on struct. and biophys. properties of living cells. Abstracts, Tsaghkadzor, Armenia, Sept. 25-27, 2015, p. 37-38.
8. Vardevanyan P.O., Antonyan A.P., Shahinyan M.A., Parsadanyan M.A., Mikaelyan M.S. Effect of millimeter diapason electromagnetic irradiation on albumin denaturation. Intern. workshop on ionizing and non-ionizing radiation influence on struct. and biophys. properties of living cells. Abstracts, Tsaghkadzor, Armenia, Sept. 25-27, 2015, p. 41-42.
9. Shahinyan M.A., Antonyan A.P., Mikaelyan M.S., Vardevanyan P.O. Study of influence of millimeter range electromagnetic waves on water-saline solutions of albumin. *Biophysical reviews and letters*, v. 10, N4, 2015, p. 201-207.
10. Vardevanyan P.O., Antonyan A.P., Shahinyan M.A., Mikaelyan M.S. Influence of millimeter electromagnetic waves on fluorescence of water-saline solutions of human serum albumin. *J. of Appl. Spectr.*, v. 83, N3, 2016, p. 486-489.
11. Vardevanyan P.O., Kalantaryan V.P., Shahinyan M.A., Parsadanyan M.A., Mikaelyan M.S. The effect of electromagnetic waves with extremely high frequencies and low intensity on human albumin solution. The joint annual meeting of the bioelectromagnetics society and the European BioElectromagnetics association co-organized with the Europ. COST EMF-MED action BM1309, Abstract collection, Ghent, Belgium, June 2-10, 2016, p. 465-466.
12. Вардеванян П.О., Парсаданян М.А., Шагинян М.А., Микаелян М.С. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на конформационные свойства сывороточного альбумина человека. Межд. Науч. Конф.: Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем, 12-ый съезд белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков. Сб. статей, ч. 1, Минск, 28-30 июня, 2016, с. 55-57.
13. Shahinyan M.A., Mikaelyan M.S., Darbinyan M.R., Vardevanyan P.O. Time-Dependent Changes of Albumin Water Solutions After Irradiation by Electromagnetic Waves with Extremely High Radio Frequencies. *Biophysical reviews and letters*, v. 12, N1, 2017, p. 11-17.
14. Mikaelyan M.S., Shahinyan M.A., Vardevanyan P.O. Density of erythrocytes in suspension under the effect of millimeter electromagnetic waves. Intern. Conf. "Smart Bio", Abs. Book, Kaunas, Lithuania, 18-20 May, 2017, p. 55.
15. Shahinyan M.A., Mikaelyan M.S., Nerkararyan A.V. Effect of millimeter range electromagnetic waves on erythrocyte suspension. Intern. Conf. "Smart Bio", Abs. Book, Kaunas, Lithuania, 18-20 May, 2017, p. 70-71.

ՄԻՔԱԵԼՅԱՆ ՄԱՐԻԵՏԱ ՍԱՄՎԵԼԻ

ՄԻԼԻՍԵՏՐԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԷԼԵԿՏՐԱՍԱԳՆԻՄԱԿԱՆ ԱԼԻՔՆԵՐԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՐՅԱՆ ՈՐՈՇ ԲԱՂԱԴՐԻԶՆԵՐԻ ՎՐԱ

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Հանգուցային բառեր. Ալբումին, դենատուրացիա, մակերևութային լարվածություն, մակերևութային լիցքի խտություն, միլիմետրային տիրույթի էլեկտրամագնիսական ալիքներ, ֆլուորեսցենցիա, չ-պոտենցիալ

Ներկայացված ատենախոսական աշխատանքում ուսումնասիրվել է միլիմետրային տիրույթի էլեկտրամագնիսական ալիքների ազդեցությունը արյան ու դրա առանձին բաղադրիչների որոշ բնութագրիչների վրա: Իրականացվել են մոդելային փորձեր այսինքն *in vitro* արյունն ու նրա առանձին բաղադրիչները ենթարկվել են նշված ֆիզիկական գործոնի ազդեցությանը և ուսումնասիրվել են դիտվող փոփոխությունները: Ինչպես վկայում են փորձերը, այս ներգործությունը խիստ կախվածություն է ցուցաբերում ազդեցության տևողությունից ու հաճախությունից:

Ուսումնասիրվել է 41.8, 42.2, 50.3 և 51.8 ԳՀց հաճախություններով ԾԲՀ ԷՄԱ ազդեցությունը առնետների արյան պլազմայի մակերևութային լարվածության վրա: Ցույց է տրվել, որ ճառագայթահարման արդյունքում պլազմայի մակերևութային լարվածությունն աճում է, ինչը վկայում է պլազմայի ֆիզիկաքիմիական հատկությունների վրա այս ներգործության մասին: Մակերևութային լարվածության փոփոխությունը նշանակում է, որ ամբողջական օրգանիզմի պայմաններում ճառագայթահարման հետևանքով կարող է տեղի ունենալ հոմեոստազի խաթարում: Ուսումնասիրվել է նաև ԾԲՀ ԷՄԱ ազդեցությունն առնետների արյան էրիթրոցիտների մակերևութային լիցքի խտության և էլեկտրակինետիկ պոտենցիալի վրա: Ցույց է տրվել, որ 41.8 և 42.2 ԳՀց հաճախություններով առնետների արյան էրիթրոցիտների կախույթի երկարատև ճառագայթահարումը հանգեցնում է էրիթրոցիտների մակերևութային լիցքի խտության նվազմանը: Ջրի համար ռեզոնանսային 50.3 և 51.8 ԳՀց հաճախություններով ճառագայթահարման դեպքում տվյալ բնութագրիչի նվազման չափը ավելի մեծ է, ինչը, ամենայն հավանականությամբ, կապված է ջրի միջոցով ճառագայթման էներգիայի կլանման և ջրի կանոնավոր կառուցվածքի փոփոխության հետ: Տարբեր հաճախություններով ճառագայթահարումը հանգեցնում է էլեկտրակինետիկ պոտենցիալի բացարձակ արժեքի նվազմանը: Էրիթրոցիտների ագրեգացումը իր հերթին պայմանավորված է մակերևութային լիցքի խտության նվազմամբ, որը հանգեցնում է բջիջների միջև ձգողության և վանողության ուժերի փոփոխություններին և

Էրիթրոցիտների մոտեցմանն ու ազրեզացիային: Բացի այդ, լիցքի փոփոխությունը պայմանավորված է թաղանթների հատկությունների փոփոխություններով, ինչի հետևանքով աճում է բջջաթաղանթների թափանցելիությունը, որն էլ կարող է բերել էրիթրոցիտների դիմացկունության անկմանը: Այս ենթադրությունը հաստատելու համար իրականացվել է 42.2 և 51.8 ԳՀց հաճախություններով ԾԲՀ ԷՄԱ ազդեցության ուսումնասիրություն էրիթրոցիտների թթվով հրահրված հեմոլիզի վրա: Ցույց է տրվել, որ այս գործոնի ազդեցությունը հանգեցնում է էրիթրոցիտների ուռչեցմանը և բարձր տոկոսով հեմոլիզին: Մյուս կողմից, ցույց է տրվել, որ էրիթրոցիտների կոնցենտրացիայի ավելացմանը զուգահեռ նվազում է կախության խտությունը, ինչը ևս խոսում է ճառագայթահարման արդյունքում էրիթրոցիտների ազրեզացիայի մասին:

Ատենախոսական աշխատանքում իրականացված մոդելային փորձերի մյուս շարքում ուսումնասիրվել է ԾԲՀ ԷՄԱ ազդեցությունը արյան կարևոր մեկ այլ բաղադրիչի՝ ալբումինի հատկությունների վրա: Ուսումնասիրվել է 41.8, 48.0 և 51.8 ԳՀց հաճախություններով ԾԲՀ ԷՄԱ ազդեցությունը մարդու շիճուկային ալբումինի ֆլուորեսցենցիայի ինտենսիվության փոփոխության վրա: Ցույց է տրվել, որ 48 ԳՀց հաճախությամբ ճառագայթահարելու դեպքում էական փոփոխություններ չեն գրանցվում: 41.8 ԳՀց հաճախությամբ ճառագայթահարելու դեպքում դիտվում է ֆլուորեսցենցիայի ինտենսիվության աճ, ինչը կապված է ալբումինի մոլեկուլում կոնֆորմացիոն փոփոխությունների հետ: 51.8 ԳՀց հաճախությամբ ճառագայթահարելու դեպքում ֆլուորեսցենցիայի ինտենսիվության աճը պայմանավորված է ալբումինի մոլեկուլի մոտակայքում հիդրատացիոն թաղանթի կանոնավոր կառուցվածքի փոփոխությամբ, ընդ որում, ինչքան ավելի երկար է ճառագայթահարման տևողությունը, այնքան մեծ է ֆլուորեսցենցիայի ինտենսիվությունը: Ցույց է տրվել նաև, որ այս էֆեկտը պահպանվում և աճում է 48 ժամվա ընթացքում, որից հետո համակարգը ձգտում է վերադառնալ ելքային վիճակի: Ցույց է տրվել նաև, որ ճառագայթահարման արդյունքում մեծանում է սպիտակուցի ջերմակայունությունը, այսինքն ալբումինը սկսում է դենատուրացվել ավելի բարձր ջերմաստիճաններում: Այս դեպքում ևս հայտնաբերվում է ժամանակի մեջ դիտվող ներգործության ուժեղացում, որից հետո կրկին համակարգը ձգտում է վերադառնալ սկզբնական վիճակին:

EFFECT OF MILLIMETER RANGE ELECTROMAGNETIC WAVES ON SOME
CONSTITUENTS OF BLOOD

SUMMARY

Keywords: Albumin, denaturation, surface tension, surface charge density, millimeter range electromagnetic waves, fluorescence, ξ -potential

In the presented work the effect of millimeter range electromagnetic waves on some characteristics of blood and its separate constituents has been observed. Model experiments were carried out, i.e. the blood and its constituents in vitro were exposed to the effect of the mentioned physical factor and the observed changes were studied. As the experiments indicate this impact strongly depends on the effect duration and frequency.

The effect of EMW EHF (electromagnetic waves with extremely high frequencies) by 41.8, 42.2, 50.3 and 51.8 GHz frequencies on blood plasma surface tension of rats was studied. It was shown that value of the plasma surface tension coefficient increases, which indicates this effect on the plasma physicochemical properties. Change of the surface tension coefficient means that in real organism a distortion of homeostasis may take place due to irradiation. The effect of EMW EHF on surface charge density and electrokinetic potential of rat blood erythrocytes was also studied. It was shown that long-term irradiation of suspension of rat blood erythrocytes by 41.8 and 42.2 GHz frequencies results in decreasing of the surface charge density of rat blood erythrocytes. In the case of irradiation by water resonant 50.3 and 51.8 GHz frequencies the decreasing size of this characteristic is higher, which, most apparently, is connected to irradiation energy absorption via water and water canonic structure change. Irradiation by different frequencies results in ξ -potential absolute value decreasing. Aggregation of erythrocytes in turn is conditioned by decreasing of the surface charge density, which leads to alterations of attraction and repulsion forces as well as approaching and aggregation of erythrocytes. Besides, the charge change is conditioned by variations of membrane properties, due to which the permeability of cellular membranes increases that in turn may result in a collapse of resistance of erythrocytes. To maintain this suggestion the study of EMW EHF effect by 42.2 and 51.8 GHz frequencies on acid-induced hemolysis of erythrocytes was carried out. It was shown that this factor impact leads to bulging of erythrocytes and high percentage hemolysis. On the other hand, it was shown that with concentration enhancement of erythrocytes the suspension density decreases, which also indicates the aggregation of erythrocytes in consequence of irradiation.

In another series of carried out model experiments it was studied EMW EHF effect on properties of the other important constituent of the blood – albumin. The effect of this factor by 41.8, 48.0 and 51.8 GHz frequencies on fluorescence intensity change of human serum albumin was investigated. It was shown that at irradiation by 48.0 GHz frequency there are no significant changes registered. In the case of irradiation by 41.8 GHz an enhancement of the fluorescence intensity is observed, which is connected to conformation changes taking place within albumin

molecule. In the case of irradiation by 51.8 GHz the enhancement of fluorescence intensity is conditioned by canonic structure change of hydration membrane in the vicinity of albumin molecule, though, the longer is the irradiation duration, the higher is the fluorescence intensity. It was shown as well that this effect is preserved during 48 hours, after which the system tends to returning to the initial state. It was also shown that in the result of the irradiation the protein thermostability increases, i.e. albumin starts denaturing at higher temperatures. In this case also the strengthening of the observed effect in time is revealed, after that the system again tends to turning to the initial state.