

## ОТЗЫВ

**официального оппонента доктора биологических наук, профессора Ефременко Елены Николаевны на диссертационную работу Черенкова Дмитрия Александровича «Исследование механизма действия неионизирующих электромагнитных излучений низкой интенсивности на иммунную систему млекопитающих», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.02 – «Биофизика»**

Диссертационная работа Черенкова Дмитрия Александровича направлена на изучение значимости и механизмов влияния электромагнитных излучений антропогенного происхождения на биологические объекты. Следует отметить, что существующие нормы допустимого воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на биологические системы значительно отличаются между собой для разных стран мира. Несмотря на то, что развитие стандартов электромагнитного воздействия на биологические объекты идёт по пути ужесточения контроля над ними, эти возрастающие требования не подкреплены достаточно глубокими научными исследованиями и нуждаются в уточнении и научном обосновании, особенно в области минимально допустимых значений воздействия ЭМИ. Это обусловлено тем, что эффект воздействия низкоинтенсивных излучений может зависеть от большого числа факторов, которые данными нормами не учитываются. Кроме того, низкоинтенсивные ЭМИ, в частности, излучение сверхвысоких частот (СВЧ), излучение крайне высоких частот (КВЧ) и низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), находят широкое применение в медицинской практике для лечения и профилактики различных заболеваний. При этом обоснованность тактики применения в медицине такого рода воздействий остаётся недостаточной, так как механизмы действия ЭМИ низкой интенсивности на биологические объекты и различные биосистемы ещё мало изучены. В этой связи, **актуальность** исследования механизма действия неионизирующих электромагнитных излучений низкой интенсивности на иммунную систему млекопитающих не вызывает сомнения.

Целью диссертационной работы Д.А. Черенкова стало выявление закономерностей и механизмов иммунного ответа млекопитающих на воздействие ЭМИ СВЧ, ЭМИ КВЧ и НИЛИ в условиях крайне малой интенсивности излучения при различных физиологических состояниях организма.

Анализируя структуру диссертационной работы Черенкова Д.А., можно отметить, что она написана по традиционному плану и состоит из

введения, обзора литературы, описания использованных в работе материалов и методов, результатов собственных исследований, обсуждения этих результатов, выводов, а также списка цитируемой литературы, включающего 572 литературных источника, из которых 175 – на русском языке. Материалы диссертации изложены на 264 страницах и иллюстрированы 58 рисунками и 10 таблицами.

В обзоре литературы обобщены имеющиеся сведения о механизмах нетеплового воздействия электромагнитных волн на уровне организмов, клеток и молекулярных структур. Автором отмечено, что на сегодняшний день эффекты малых доз электромагнитных излучений нетеплового уровня на состояние иммунной системы млекопитающих как в нормальном, так и в патологическом состояниях изучены недостаточно. Автором диссертационной работы проведен тщательный анализ существующих в научной литературе данных о влиянии низкоинтенсивного электромагнитного излучения различной природы на функциональную активность нейтрофилов и макрофагов, пролиферацию и соотношение Т-клеток CD4+/CD8+, процессы дегрануляции тучных клеток кожи и активации кератиноцитов, из чего следует вывод о необходимости комплексного исследования влияния электромагнитных излучений низкой интенсивности на функциональную активность иммунокомпетентных клеток животных, что и определяет актуальность данной диссертационной работы. Сведения, представленные в обзоре, грамотно изложены, систематизированы и критически осмыслены автором. Обзор литературы позволяет сделать заключение о том, что диссертант хорошо осведомлен о современном состоянии исследований в области влияния низкоинтенсивных электромагнитных излучений на биологические объекты. Не остается сомнений в обоснованности и актуальности выбранной автором темы исследования.

В главе «Материалы и методы исследования» довольно подробно описаны источники излучений различного рода, используемые в ходе работы линии животных, а также примененные методы исследований и подходы.

Для достижения основной цели автором диссертационной работы были сформулированы адекватные задачи исследования, которые удалось ему полностью решить с использованием широкого набора современных и классических биохимических, биофизических и иммунологических методов.

Отдельно приведена модель опухолевого роста и метод иммунизации животных. Описано определение продукции цитокинов методом твердофазного иммуноферментного анализа. Также в полном объеме в диссертации отражены методы определения содержания белков семейств

БТШ70-72 и БТШ 90, NFkB, IkB в клеточных лизатах, скорости пролиферации клеток, цитотоксической активности естественных киллерных клеток. Отдельные подглавы текста диссертации посвящены описанию способа получения гидролизатов фукоидана и маннана и измерению их антиоксидантной активности.

В разделе «Результаты и обсуждение» автор подробно и убедительно раскрывает содержание выполненных исследований. Из наиболее значимых результатов, полученных автором в диссертационной работе, можно выделить следующие: для чувствительности В- и Т-лимфоцитов, перитонеальных макрофагов и естественных киллерных клеток установлены пороговые значения интенсивности воздействия электромагнитных излучений как *in vitro*, так и *in vivo*. Автором показаны различия воздействия однократного и длительного фракционированного облучения на клетки иммунной системы млекопитающих. Обосновано значение физиологического состояния организма на выраженность и направленность эффектов, оказываемых ЭМИ. Отдельно хотелось бы отметить приведенный в диссертационной работе гипотетический механизм активации сигнальных путей в клетках иммунной системы млекопитающих при воздействии низкоинтенсивных ЭМИ, являющийся оригинальной разработкой автора, являющейся результатом суммирования известных из литературы и собственных экспериментальных данных.

Все результаты, полученные и представленные автором в диссертации, являются приоритетными. **Научно-практическая значимость работы** не вызывает сомнений, поскольку представленные в диссертации данные о влиянии низкоинтенсивных электромагнитных излучений различных частот на клеточный иммунитет важны для выявления механизмов воздействия ЭМИ на живые объекты на клеточном уровне и для решения ряда связанных с этим прикладных задач. В частности, для обоснования норм электромагнитной безопасности населения. Обнаруженные автором диссертации эффекты, оказываемые на биологические объекты низкоинтенсивными электромагнитными излучениями, также можно рекомендовать для принятия во внимание соответствующими специалистами при разработке новых физиотерапевтических методов лечения, а также в целенаправленном использовании антиоксидантов в улучшении статуса иммунной системы, подверженной воздействию ЭМИ. Полученные в работе результаты могут быть использованы в образовательных курсах по «Биофизике» в высших учебных заведениях.

Анализируя работу в целом, необходимо отметить, что она написана хорошим научным языком и хорошо оформлена. Представленные в работе

рисунки и таблицы наглядно иллюстрируют полученные автором результаты. Каждый раздел завершается кратким резюме, содержащим основные выводы по полученным научным результатам, что удобно для понимания содержания этой ёмкой работы.

В качестве замечаний по диссертационной работе необходимо указать на некоторые недостатки, относящиеся по большей части к оформлению, в частности, имеются стилистические ошибки и опечатки. Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию текста диссертационной работы, но в нем также встречаются опечатки, в частности, на стр. 30 дана ссылка на рис.13, хотя должна быть на рис.11.

Что касается содержания самой диссертации, то в качестве замечаний можно отметить следующее:

- в разделе «Материалы и методы» не указано, какие статистические методы обработки экспериментальных данных использовались автором диссертации, позволившие установить для большинства полученных результатов наличие достоверного их отличия от контроля со статистической вероятностью  $p < 0,05$ . В ряде экспериментов не указано, какое количество биологических объектов было использовано, и с какой повторностью был реализован эксперимент;

- следует отметить высокий уровень владения автором диссертации вопросами, касающимися методологической части исследований, однако в качестве замечания следует отметить «разбросанность» ссылок и описания отдельных методик, использованных автором в исследованиях, по тексту диссертации;

- в отношении данных, представленных на рис.55 в тексте диссертации, следует отметить, что они не отражают факт того, что «у мышей получающих диету с маннозой увеличивается на 45 % число сиалирированных фрагментов в иммуноглобулиновой фракции», поскольку на данном рисунке приведены, согласно подписи, только данные для иммуноглобулинов после маннозной диеты в исходной и десалирированной форме, при этом отсутствует так называемый «нулевой контроль» - то есть иммуноглобулины без маннозной диеты.

Указанные недочеты не умаляют значимости работы, тем более что основные ее результаты имеют большую практическую и фундаментальную значимость.

Результаты диссертации широко известны научной общественности. Они были неоднократно доложены на международных конференциях и конгрессах. Основные положения диссертационной работы полноценно изложены в автореферате и отражены в 36 публикациях, в том числе 16

статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований.

Резюмируя изложенное, следует заключить, что диссертационная работа Черенкова Д.А., несомненно, является оригинальным экспериментальным исследованием, выполненным на высоком методическом уровне, и представляет собой цельный законченный научный труд, который вносит существенный вклад в развитие биофизики электромагнитных излучений и понимание механизмов их воздействия на клетки иммунной системы.

В целом, по объему выполненных исследований, научному и методическому уровню, новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует специальности 03.01.02 – «Биофизика», удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор – Черенков Дмитрий Александрович – заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.02 – «Биофизика».

Заведующая лабораторией эковиокатализа  
Химического факультета ФГБОУ ВО  
«Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова», доктор  
биологических наук, профессор



  
Ефременко  
Елена Николаевна

Декан Химического факультета МГУ имени  
М.В. Ломоносова, академик РАН, профессор

  
Лунин  
Валерий Васильевич

E-mail: [elena\\_efremenko@list.ru](mailto:elena_efremenko@list.ru)

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1,

стр. 3

тел. +7-495-939-31-70

г. Москва, «28» ноября 2015 г.