

УТВЕРЖДАЮ

Проректор – начальник  
Управления научной политики  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
А.А.Федянин



«17» октября 2021 года

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию УСТЕНКО КСЕНИИ ВАДИМОВНЫ

«Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 - Радиобиология

Современный мир сложно представить в отсутствие беспроводной передачи данных. Неионизирующие электромагнитные радиочастотные поля в диапазоне от 300 МГц до 300 ГГц используются для теле- и радиовещания, в системах беспроводной теле- и радиосвязи, в том числе в данном диапазоне работают базовые станции сотовой связи. Учитывая то, что при развитии современных радиолокационных технологий, электромагнитное воздействие радиочастотного диапазона на компоненты окружающей среды будет только расти, актуальной задачей радиобиологии является анализ закономерностей биологического действия радиочастотных электромагнитных полей.

Международными и отечественными организациями уже разработаны санитарно-гигиенические нормы безопасного воздействия электромагнитного излучения для населения. Превышение естественного фона электромагнитного излучения может повлечь за собой изменения в том числе в популяциях и сообществах разных представителей биоты, поэтому важно оценивать эффекты воздействия неионизирующего электромагнитного радиочастотного излучения, в том числе отдаленные последствия для организмов, имеющих ключевые значения в экосистемах. Ракообразные *Daphnia magna* – модельный тест-организм для различного рода экспериментальных исследований, в частности он утвержден в качестве одного из стандартных тест-объектов для установления предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах

водных объектов рыбохозяйственного значения. В настоящее время остро стоит вопрос о разработке экологических нормативов, ограничивающих электромагнитное воздействие на природные экосистемы и в этой связи представленная работа, и анализ экспериментальных данных о влиянии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на гидробионтов, становится все более **актуальной**.

**Научная новизна** диссертационной работы Устенко К.В. не вызывает сомнений. Так, в работе впервые обнаружено, что ювенильный период, в который происходит закладка и формирование яиц у партеногенетически размножающихся самок *D. magna*, является более чувствительным к низкоинтенсивному радиочастотному облучению, чем пубертатный период, когда происходит формирование эмбрионов в выводковой камере. Облучение и голодание животных независимо и значимо влияют на снижение плодовитости, не нарушая при этом выживаемость. Впервые показано, что хроническое радиочастотное облучение вызывает цитотоксический эффект в клетках облученных *D. magna*. Обнаруженные эффекты сохраняются в первом необлученном поколении и не зависят от уровня пищи в популяции гидробионтов.

**Диссертация состоит** из введения, трех глав, заключения, выводов и списка используемых источников. Во введении подробно описаны актуальность, новизна и степень разработанности темы исследования, поставлены цель и задачи, отражен личный вклад автора в работу и оценена степень достоверности полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, а также сформулированы положения, выносимые на защиту. В главе 1 («Обзор литературы») проанализированы биологические эффекты низкоинтенсивного радиочастотного излучения на ракообразных *D. magna* и других представителей беспозвоночных и позвоночных животных. Изучены последствия облучения в разные периоды онтогенеза, а также биологические эффекты, обнаруженные в условиях голодания животных. В главе 2 («Материалы и методы исследования») подробно и обстоятельно описаны устройство лабораторной установки электромагнитного излучения и ее характеристики, условия лабораторного культивирования ракообразных, параметры облучения и схема проведения эксперимента, методы анализа биологических эффектов облучения дафний, в том числе метод оценки метаболической активности клеток (МТТ), а также методы статистической обработки полученных данных. В главе 3 («Результаты и их обсуждение») показано, что облучение в низкоинтенсивном радиочастотном поле с частотой 900 МГц и плотностью потока энергии 100 мкВт/см<sup>2</sup> в течение

пяти суток (доза облучения в каждый период была одинаковой и суммарно составляла 43,2 Дж/см<sup>2</sup>) ни в ювенильных (1-5 сут), ни в пубертатный период (6-10 сут) не оказывало влияния на выживаемость дафний. Облучение в ювенильный период приводило к снижению плодовитости в облученном поколении, при сохранении эффекта в первом поколении необлученного потомства. Репродуктивный процесс восстанавливается ко второму поколению F<sub>2</sub>. Таким образом, показана биологическая значимость радиочастотного воздействия как фактора окружающей среды, требующего контроля в рамках экологического мониторинга.

Работа написана грамотным научным языком и изложена на 113 страницах машинописного текста, содержит 19 рисунков и 11 таблиц. Список литературы включает 156 источников, из них 66 на иностранном языке. Стоит отметить, что большая часть цитируемых источников опубликована в последнее десятилетие, что подтверждает наилучшую осведомленность автора о современном состоянии исследуемой проблематики.

**Выводы** по диссертационной работе Устенко К.В. в полной мере соответствуют поставленным цели и задачам, подтверждаются полученными результатами и являются логическим итогом проведенного исследования. Достоверность всех пяти сформулированных по итогам работы выводов статистически обоснована.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется применением современных методов регистрации биологических эффектов воздействия электромагнитного излучения у ракообразных *D. magna* с использованием больших объемов экспериментальных данных, а также применением адекватных приемов статистической обработки полученных результатов (тесты Краскела-Уоллеса, Манна-Уитни и  $\chi^2$  с поправкой Бонферрони на множественное сравнение).

По материалам диссертации опубликовано 19 печатных работ, в том числе 6 в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus и 1 в журнале из перечня ВАК РФ. Исследования по теме диссертации были проведены при частичной финансовой поддержке Правительства Калужской области, а их результаты доложены и обсуждены на 9 международных, всероссийских и региональных конференциях.

Кроме того, материалы диссертации вошли в учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Биологические науки» и «Химия» и успешно внедрены в учебный процесс подготовки

бакалавров по направлению 06.03.01 – биология в НИЯУ МИФИ, что свидетельствует о **практической ценности** полученных в ходе выполнения работы результатов.

В диссертационном исследовании представлен анализ биологических эффектов действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения на морфо-функциональные показатели ракообразных, и исследованы механизмы формирования отдаленных эффектов облучения **в соответствии с формулой специальности «1.5.1 Радиобиология»**, являющейся комплексной научной дисциплиной, изучающей действие ионизирующих и неионизирующих излучений на системы и биологические объекты разных уровней организации и охватывающей проблемы радиочувствительности биологических объектов (п. 5).

**Автореферат** отражает основное содержание диссертации, в нем проанализированы актуальность, научная новизна и степень разработанности темы исследования, указаны цель и задачи, методология и методы исследования, описаны и обсуждены основные полученные результаты, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту. В полном соответствии с требованиями к оформлению автореферата в нем оценены личный вклад автора в работу, степень достоверности полученных результатов и их теоретическая и практическая значимость, перечислены публикации по теме диссертации, описана апробация полученных результатов.

**Значимость результатов**, полученных в ходе выполнения диссертационной работы, для науки и производства заключается не только в накоплении знаний о фундаментальных закономерностях биологического действия хронического низкоинтенсивного радиочастотного излучения на биоту, но и в том что они могут быть использованы для создания базы данных и разработки экологических нормативов предельно допустимой электромагнитной нагрузки на природные экосистемы в районах размещения базовых станций сотовой связи.

К работе имеется ряд **вопросов и замечаний**, носящих в основном технический характер и не затрагивающих основной сути работы.

1. Методические указания по биотестированию и проведению токсикологических исследований с использованием дафний, (в том числе процитированные в работе) при проведении экспериментов в ряду поколений рекомендуют для наблюдения за каждым следующим поколением использовать первый помёт, как проявляющий наибольшую чувствительность к воздействиям на родительское поколение. С чем было связано решение

использовать для дальнейшего наблюдения необлученного потомства третьей помет (с. 46)?

2. Не вполне удачной кажется фраза «Из рисунка (3) видно, что на 9-е сутки происходит первый спад выживаемости в выборке, облученной в ювенильный период» (с. 50). В данном случае речь идет о снижении численности на 5%, что может быть вызвано случайными флуктуациями среды или естественной вариабельностью продолжительности жизни рачков в популяции, а не действием излучения. Методическими указаниями допускается гибель не более 20% дафний исходной выборки в течение хронического опыта, в том числе и в контроле, поэтому при гибели 5-15% особей судить о закономерном снижении выживаемости нельзя.
3. Отсутствует единообразие в оформлении списка литературы. Цитирование литературных источников в тексте диссертации оформлено в виде нумерации в квадратных скобках, хотя традиционное оформление с указанием фамилии автора и года издания в круглых скобках более информативно и рекомендовано ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».
4. В тексте встречается некоторое количество повторов, опечаток, стилистически неудачных выражений и фраз, сложных для восприятия, что вполне естественно при значительном объеме работы. Присутствуют огрехи в оформлении. В частности, на рисунке 2 указано, что в яичниках самки при образовании партеногенетического яйца происходит мейоз, в то время как в сопровождающем тексте процесс образования яйца с сохранением диплоидного набора хромосом верно назван «амейоз». Цитирование одного из источников на стр. 38 приведено без номера источника. Латинское название вида не всегда выделено курсивом (с. 47). Также отмечены и другие незначительные технические ошибки.
5. В качестве пожелания можно рекомендовать автору выделить дополнительно в структуре работы список использованных сокращений, что может способствовать облегчению восприятия текста читателем.

Сформулированные замечания не влияют на высокое качество и научную ценность диссертационной работы Устенко К.В.

Таким образом, диссертационная работа «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)», представленная к защите в диссертационном совете 24.1.013.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ), является завершенным научно-квалификационным трудом, соответствующим критериям, предъявляемым п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», принятого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор – Устенко Ксения Вадимовна, заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности «1.5.1 – Радиобиология».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры общей экологии и гидробиологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», протокол № 11 от 20 октября 2021 года.

Отзыв подготовлен:

с.н.с. кафедры общей экологии и гидробиологии  
биологического факультета,  
к.б.н.



/Гершкович Д.М./

Зам. зав. кафедрой общей экологии и гидробиологии  
биологического факультета,  
д.б.н.



/Ильинский В.В./

