

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
И.о. директора ИАТЭ НИЯУ МИФИ,  
Т.А. Осипова  
\_\_\_\_\_ 2021 г.



### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Диссертация «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – радиобиология выполнена в отделении биотехнологий Обнинского института атомной энергетики – филиале НИЯУ МИФИ (ИАТЭ НИЯУ МИФИ),

В период подготовки диссертации соискатель Устенко Ксения Вадимовна обучалась в очной аспирантуре НИЯУ МИФИ. Диплом об окончании аспирантуры выдан 22 июля 2020 г. Справка об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана 15 марта 2021 г.

Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор Сарапульцева Елена Игоревна, работает профессором отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

По результатам обсуждения диссертации «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» на заседании отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ (от 7 июня 2021 г.) принято следующее **ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

**Оценка выполненной соискателем работы.** Диссертационная работа Устенко Ксении Вадимовны «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» является законченной научно-исследовательской работой. Работа посвящена анализу биологических эффектов хронического радиочастотного облучения лабораторной популяции ракообразных *D. magna* в разные периоды онтогенеза и анализу трансгенерационных изменений в нескольких необлученных поколениях, культивируемых в условиях ограничения пищи. Для решения данной проблемы методами молекулярной биологии и биотестирования проведено экспериментальное обоснование закономерностей

трансгенерационных эффектов хронического облучения. Показано, что ювенильный период в жизненном цикле экспериментальных животных является наиболее чувствительным к хроническому низкоинтенсивному радиочастотному облучению и критическим для развития полноценного и жизнеспособного потомства. Выявленные в диссертации механизмы и эффекты хронического облучения могут вносить весомый негативный вклад в отдаленные последствия облучения биоты и нарушать гомеостаз природных экосистем. В диссертационной работе экспериментально обосновано, что при отсутствии повторного радиочастотного облучения восстановление жизнеспособности популяции тестируемых животных произойдет во втором необлученном поколении. Сделан обоснованный вывод, что хроническое низкоинтенсивное радиочастотное облучение природных экосистем является значимым фактором окружающей среды, требующим контроля в рамках экологического мониторинга.

**Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации,** выразилось в следующем: автор лично участвовал в формулировке проблемы, постановке цели и задач, планировании и проведении экспериментов. В длительных с ежедневным анализом результатов экспериментах обнаружено, что облучение и голодание животных независимо и значимо влияют на снижение плодовитости и изменение морфологических параметров, не нарушая при этом выживаемость. Методами вариационной статистики автором проведена статистическая обработка экспериментальных данных, сделаны обоснованные выводы. Автор активно докладывала и обсуждала полученные результаты на научных конференциях, а также участвовала в подготовке статей для публикации в научных журналах. Результаты, полученные в диссертационной работе, нашли отражение в учебном пособии для бакалавров, обучающихся по направлению 06.03.01 – биология в ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

**Достоверность полученных результатов** подтверждена их высокой воспроизводимостью в независимых экспериментах и надежной статистической базой. Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на международных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых российских и международных журналах. Три статьи включены в перечень ВАК, пять – опубликованы в изданиях, входящих в базы WoS и Scopus.

**Научная новизна.** Впервые экспериментально обосновано, что хроническое радиочастотное облучение является экологически значимым фактором окружающей среды, требующим мониторинга. Обнаружено, что при отсутствии повторного облучения восстановление жизнеспособности популяции *D. magna* произойдет только ко второму поколению животных, а значит, может привести к нарушению гомеостаза популяции.

**Практическая значимость и ценность работы.** Полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты вносят вклад в изучение фундаментальных закономерностей биологического действия хронического низкоинтенсивного радиочастотного излучения на биоту. Результаты диссертации использовались в научно-исследовательской работе, выполненной при поддержке РФФИ (проект №18-48-400010). Примененные в работе методы и полученные результаты могут быть использованы для подготовки специалистов всех уровней высшего профессионального образования (бакалавров, магистров и аспирантов) по направлениям «Биология», «Экология и природопользование» и других смежных отраслей. Результаты могут быть использованы для создания базы данных и экологического нормирования электромагнитной нагрузки на природные экосистемы в районах размещения базовых станций сотовой связи.

### **Апробация работы**

Результаты исследования доложены на международных, всероссийских и региональных конференциях: «Physics, Engineering and Technologies for Bio-Medicine», Moscow, 2016; «Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии», Москва, 2016; «Будущее атомной энергетики – AtomFuture», Москва, 2019; «Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений» Москва, 2019; «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» Йошкар-Ола, 2019; «Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений» BioEMF-2019, Москва, 2019; «Техногенные системы и экологический риск», Обнинск, 2016 – 2020 г.г.

### **Специальность, которой соответствует диссертация**

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.1 – радиобиология, являющейся комплексной научной дисциплиной, изучающей действие ионизирующих и неионизирующих излучений на системы и биологические объекты разных уровней организации, охватывающей проблемы радиочувствительности биологических объектов и механизмы отдаленных последствий облучения (п.п. 5 и 11). Диссертация написана на высоком научном уровне, характеризуется четкостью представления полученных результатов и проработанностью методов исследования.

### **Полнота изложения материалов диссертации в публикациях**

В период с 2016 по 2020 гг. по теме диссертации опубликовано 6 печатных работ в рецензируемых изданиях, в том числе 3 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК и 5 в журналах, включенных в базы Web of Science и Scopus; а также 12 печатных работ в сборниках научных трудов и международных конференций, 1 – учебное пособие для студентов вузов.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и/или индексируемых базами данных *Web of Science* и *Scopus*:

1. Zhalnina AA, Uskalova DV, **Ustenko KV**, Savina NB. The long-term effects of combined chronic exposure to low-intensity radiofrequency electromagnetic fields and different food quantity on crustaceans *D. magna* // J. Physics: Conference Series, V.1701, 2020, p. 012014 (**WoS и Scopus**).

2. Сарапульцева ЕИ, Морозова А.С., Савина Н.Б., Ускалова Д.В., **Устенко К.В.** Анализ сердечного ритма у модельного тест-организма *D. magna* в качестве нового подхода к оценке радиоэкологических последствий облучения // Известия вузов: ядерная энергетика, 2020. № 2. С. 146-155 (**Scopus и ВАК**)

3. Сарапульцева ЕИ, Ускалова Д.В., **Устенко К.В.** Биологические эффекты радиочастотных полей и анализ риска для природных систем // Медицина труда и промышленная экология, 2020. Т.60, № 9. С. 592-596 (**Scopus и ВАК**)

4. Sarapultseva E., **Ustenko K.**, Dubrova Y. The combined effects of acute irradiation and food supply on survival and fertility in *D.magna* // J. Environmental Radioactivity. 2019. 199–200. P. 75-83 (**WoS и Scopus**)

5. **Устенко К.В.**, Ускалова Д.В., Сарапульцева Е.И Отдаленные биологические эффекты радиочастотного облучения *D. magna* в разные периоды онтогенеза // Биомедицинская радиоэлектроника, 2017. – № 4. С. 16-24 (**ВАК**).

6. Sarapultseva E., Savina N., Uskalova D., **Ustenko K.** Medical-biological aspects of radiation effects in *Daphnia magna* // J. Physics: Conference Series, 2017. 784 (1). P. 1-6 (**WoS и Scopus**).

Основные публикации в журналах и сборниках трудов международных конференций:

7. Сарапульцева ЕИ, **Устенко К.В.**, Ускалова Д.В., Механизмы и закономерности формирования трансгенерационных эффектов при радиационном воздействии на примере беспозвоночных животных. В сб.: Труды регион. конкурса проектов фундаментальных научных исследований. Вып. 3. Калуга: КГИРО, 2020 С. 104-111.

Материалы диссертации вошли в учебное пособие для студентов вузов «Интерактивные формы обучения в высшем учебном заведении» для бакалавров, обучающихся по направлению «Биологические науки» и «Химия». Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2016.

#### Личный вклад автора в публикациях

В работах, выполненных в соавторстве [1, 3, 4, 5, 6] личный вклад автора заключается в получении и анализе экспериментальных данных, статистической обработке результатов, а также обосновании и обсуждении выводов по работе. В работе [2] методами вариационной статистики автором проведен двухфакторный

дисперсионный анализ полученных результатов, предложен алгоритм обсуждения экспериментальных данных.

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Диссертация Устенко Ксении Вадимовны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней в НИЯУ МИФИ, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата биологических наук.

**Принято следующее решение:**

Диссертация Устенко К.В. «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» **рекомендуется** к защите в диссертационном совете по специальности 1.5.1 – радиобиология.

Диссертация Устенко Ксении Вадимовны «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» и заключение по ней заслушаны и одобрены на заседании отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ (от 7 июня 2021 г.) (присутствовало 14 чел., результаты голосования «за» – 14 чел., «против» – 0 чел, «воздержалось» – 0 чел.).

Начальник отделения биотехнологий  
ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
д.м.н., профессор



А.А. Котляров