

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора биологических наук Перова Сергея Юрьевича на диссертационную работу Устенко Ксении Вадимовны «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенальный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – «Радиобиология»

### Актуальность избранной темы

В последнее время в результате повсеместного внедрения и массового распространения радио- и телевидения, радиосвязи и систем мобильной связи среда обитания человека буквально насыщена «электромагнитным смогом», с интенсивностью, превышающей естественный электромагнитный фон. Увеличение антропогенного влияния на природные экосистемы представляют определенную угрозу не только для популяций и сообществ разных представителей биоты, но и способны подавлять разные стадии онтогенеза живых организмов.

В проблеме изучения биологического действия электромагнитных полей (ЭМП) большое значение уделяется количественной оценке эффекта действия и его связи с ответной реакцией организма. Особенную актуальность эта задача приобретает при действии слабоинтенсивных ЭМП, когда повышения температуры, с которым связывают тепловой механизм действия, или не происходит, или настолько незначительно, что не регистрируется известными методами измерений. Использование в задачах экологического мониторинга упрощенных биологических объектов позволяет спрогнозировать и оценить риски влияния антропогенных электромагнитных полей на более сложные биологические системы в последующих поколениях.

Все вышеизложенное указывает на актуальность диссертационной работы, целью которой являлся анализ закономерностей формирования прямых и отдаленных эффектов хронического низкоинтенсивного

радиочастотного облучения ракообразных *Daphnia magna* в ювенильный и пубертатный период онтогенеза, в том числе, в условиях голодания по изменению морфо-физиологических и биохимических показателей в модельных опытах.

**Обоснование научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе обусловлена четкой организацией экспериментов, применением современных методов исследований с проведением на должном уровне анализа результатов, большим объемом полученных данных и применением адекватных статистических методов, апробацией материалов диссертации на различных научно-практических конференциях и публикацией основных результатов работы в ведущих научных изданиях.

Полученные результаты базируются на хорошо спланированной работе, выполненной с учетом анализа научной литературы. Заключение сформулированы корректно с учетом достоверности показателей, научные положения и выводы аргументированы, логично следуют из полученных результатов и соответствуют цели и задачам исследований.

Достоверность теоретических и экспериментальных данных подтверждается использованием современных методов анализа биологических показателей у беспозвоночных животных, а также большим объемом исследований. Полученные результаты нашли отражение в рисунках, графиках и таблицах. Основные результаты диссертации опубликованы в 18 научной работе, включая 6 статей в журналах из перечня ведущих рецензируемых журналов.

Анализируя диссертационную работу К.В.Устенко, можно прийти к заключению, что в ней содержится несколько принципиально новых идей и положений. Прежде всего, следует отметить показанный соискателем

критичный ювенильный период для влияния хронической экспозиции электромагнитных полей на биологические объекты. Новизна такого предположения подтверждается отсутствием связи между голоданием и облучением, а при облучении *D.magna* обнаружен цитотоксический эффект, который сохранялся в первом поколении.

Следует отметить, что соискателем впервые экспериментально обосновано восстановление жизнеспособности популяции второго поколения *D.magna* при отсутствии повторной экспозиции, что может являться важным индикатором уровня влияния антропогенных электромагнитных полей на окружающую среду.

### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов.**

Результаты проведенного исследования имеют важное научно-практическое значение, поскольку вносят вклад в изучение фундаментальных закономерностей биологического действия хронического низкоинтенсивного радиочастотного излучения на биоту.

### **Рекомендации по реализации результатов и выводов диссертации.**

В связи с тем, что при гигиеническом нормировании неблагоприятных факторов производственной среды особое внимание обращается на наличие выраженных функциональных изменений и порог вредного действия, полученные результаты станут основой для адекватной оценки характера развивающихся при действии ЭМП адаптационно-компенсаторных реакций. Все это дает возможность прогнозировать порог вредного действия фактора, что представляется крайне важным для совершенствования гигиенического нормирования и корректного обоснования предельно допустимых уровней ЭМП.

## **Оценка содержания диссертации, ее завершенности.**

Диссертация изложена на 113 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы "материалы и методы", а также главы результатов и их обсуждения, заключения, выводов, списка литературы. Список литературы содержит 156 ссылок, из них 88 на русском языке, 68 на иностранных.

Во «Введении» обоснована актуальность вопроса, сформулированы цель и задачи исследований, изложены научная новизна и практическая значимость работы, выносимые на защиту положения, представлены апробация и внедрение результатов работы.

В **главе 1** (обзор литературы) достаточно подробно рассмотрены основные положения теплового и нетеплового биологического действия ЭМП радиочастотного диапазона и проанализированы основные механизмы. Обоснован выбор биологического объекта, как модельной тест-системы при оценке биологического действия ЭМП радиочастотного диапазона на ракообразных по морфологическим и биохимическим показателям, а также отдельно рассмотрены эффекты голодания. Обзор литературы выполнен на высоком уровне, принципиальных замечаний по главе 1 нет, однако автор некорректно объединяет электрические и магнитные поля промышленной частоты, почему-то называя их ЭМИ, с электромагнитными поля радиочастотного диапазона при рассмотрении биологических эффектов.

**Глава 2** построена на обзоре используемой установки для экспозиции биологических объектов, объекта исследований и схемы построения экспериментов, а затем детально указаны все используемые в работе материалы и методы. Большинство использованных в работе методов являются признанными на международном уровне, обеспечивающими верификацию получаемых результатов.

В **главе 3** представлены материалы собственных исследований, включающие анализ выживаемости *D.magna* в нескольких поколениях, а

также отмеченные биологические эффекты ЭМП в ювенальный и пубертатный период. Проанализированы нарушения метаболической активности и жизнеспособности клеток облученных животных с использованием МГТ-теста, что позволило установить нарушения метаболических процессов у облученных животных и потомства из поколения F1. Также в главе 3 представлены данные собственных исследований эффектов ограниченности пищи *D.magna* и проведенного сравнения с эффектами, наблюдавшимися в условиях экспозиции в ЭМП.

**Заключение.** В Заключении обобщаются основные результаты выполненной работы, показан ряд закономерностей формирования прямых и отдаленных (трансгенерационных) эффектов, которые позволили обнаружить критический период с позиции влияния ЭМП на начальных этапах жизненного цикла *D. magna*. Выводы, сделанные диссертантом адекватны поставленным цели и задачам, вытекают из полученных результатов и полностью подтверждают положения, выносимые на защиту.

#### **Достоинства и недостатки содержания и оформления диссертации, оценка научной работы соискателя в целом**

Диссертация Устенко К.В. является самостоятельно выполненной, завершенной работой, в которой на основании выполненных автором исследований показана возможность использовать *Daphnia magna* как удобный объект для экологического мониторинга антропогенного электромагнитного поля. Показано, что облучение в ювенильный период приводило к снижению плодовитости в облученном поколении и сохранялось в первом поколении необлученного потомства, однако восстановление жизнеспособности возможно во втором необлученном поколении. Последнее дало возможность предполагать, что влияние хронической экспозиции родительского поколения не проявляется через поколение, что открывает новый этап в совершенствовании прогнозов оценки влияния ЭМП радиочастотного диапазона на последующие поколения. Представленный материал по большей части является новым и

не вызывает сомнений в его достоверности и практической значимости. Особенно необходимо отметить большой объем выполненных исследований. Научные положения и выводы обоснованы и достоверны, сформулированы четко и соответствуют поставленным задачам. Содержание диссертации Устенко К.В. полностью соответствует специальности 1.5.1 – «Радиобиология». Список литературы оформлен по ГОСТу, в основном представлен современными источниками отечественной и зарубежной литературы.

Результаты диссертационной работы прошли всестороннюю апробацию, доложены на всероссийских и международных конференциях, достаточно полно отражены в 13-ти публикациях, включая 6 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Несоответствия содержания диссертации и публикаций не выявлено.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и оформлен в соответствии с требованиями «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством РФ от 24.09.2013 и с учетом ГОСТ Р 7.0.11-2011.

К сожалению, диссертационная работа не лишена некоторых недостатков, к которым следует отнести:

1. В обзоре литературы автор часто упоминает электромагнитное излучение и электромагнитное поле, причем использует термин «электромагнитное излучение» для промышленной частоты, тогда как общепринятое наименование является электрические и магнитные поля.

2. Вероятно, было бы более целесообразно помимо общего заключения приводить в конце каждой главы краткое заключение по обзору литературы в обосновании актуальности выбранных объектов и показателей, а также по полученным результатам собственных исследований.

3. В главе 2 присутствует излишняя информация и рассуждения автора об электродинамике ближней зоны и антенны, используемой в

эксперименте. В дальнейшем, приведенная информация о поляризациях антенны для экспозиции биообъектов не используется в работе.

4. Автор не уточнил ни в главе 2, так и далее в главе 3 как учитывалось поглощение энергии экспозиции водой, в которой размещались *D. magna*, и какой процент поглощений электромагнитной энергии приходился непосредственно на биологические объекты.

5. Необходимо пояснить, для чего использовалась такая несвойственная для радиобиологии неионизирующих излучений величина «экспозиционная доза», тогда как существует нормируемый параметр «энергетическая экспозиция», которая отражает уровень облучения и время его воздействия на биологический объект.

6. В разных разделах диссертации имеют место смысловые повторы и стилистические погрешности.

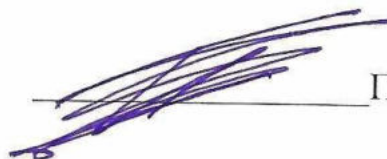
Вместе с тем, указанные погрешности, несомненно, не снижают ценность представленной работы, которая заслуживает самой положительной оценки.

### **Заключение**

Диссертационная работа Устенко Ксении Вадимовны «Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенальный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и практические подходы, совокупность которых является интегральной оценкой экологической электромагнитной безопасности, имеющая важное научно-практическое значение, что соответствует требованиям п.п. 9-14 раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 20 марта 2021 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени

кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – «Радиобиология».

Официальный оппонент  
доктор биологических наук  
заведующий лабораторией  
электромагнитных полей  
ФГБНУ «НИИ МТ»



Перов Сергей Юрьевич

26.10.2021

Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измерова»

Почтовый адрес: 105275, г. Москва, проспект Буденного, 31

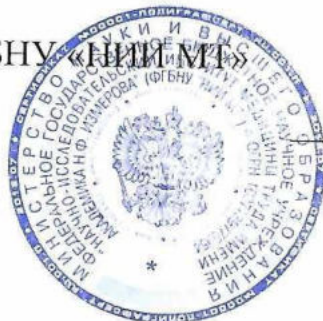
тел. 8 (495) 365-02-09

info@irioh.ru

Подпись доктор биологических наук С.Ю. Перова заверяю:

Ученый секретарь ФГБНУ «НИИ МТ»

к.п.н.



О.Е. Перфилова