

## ОТЗЫВ

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

### Актуальность темы

В последние десятилетия произошло резкое увеличение суммарной интенсивности электромагнитных полей (ЭМП), в основном, за счет техногенных источников. К таковым можно отнести и источники радиосвязи, излучения локаторов, а для биоты в широком смысле этого слова, прежде всего, повсеместно распространенные излучения станций сотовой связи. ВОЗ даже ввела термины «электромагнитный смог» или «Электромагнитное загрязнение окружающей среды». На недавно прошедшем 8-м съезде по радиационным исследованиям отмечалось, что различные подходы к оценке биологической эффективности ЭМП привели к резким (до тысячи раз) различиям в гигиенических нормативах в разных странах. При этом явно недостаточно исследований, тестирующих эффекты электромагнитных полей относительно низкой интенсивности, при которой не происходит существенного нагрева объекта. Можно также отметить, что отсутствие критического воздействия на организмы разной степени организации еще не означает невозможности проявления негативных эффектов ЭМП в следующих поколениях. В целом экологический мониторинг воздействия ЭМП должен основываться на результатах реакций на это воздействие как растений, так и организмов разной степени организации – от одноклеточных до млекопитающих. Дефицит знаний в этой области в определенной степени восполняет выполненная автором работа, **целью** которой являлся анализ закономерностей формирования прямых и отдаленных эффектов хронического низкоинтенсивного радиочастотного облучения ракообразных *Daphnia magna* в разные периоды их онтогенеза. Параллельно изучена значимость голодания для таких условий.

В модельных экспериментах ракообразных подвергали хроническому воздействию (пять суток) низкоинтенсивного ЭМП с несущей частотой 900 МГц и ППЭ 100 мкВт/см.кв. с последующей оценкой эффектов по ряду морфофизиологических и биохимических показателей. Следует отметить четкое планирование экспериментов, достаточный объем наблюдений, адекватные методы статистической обработки полученных результатов. Показателем адекватности проведенных исследований поставленной цели служит и активная публикация результатов (18 научных работ, в том числе 6 статей в журналах из

перечня ВАК), а также ряд докладов на конференциях, в частности, и на упоминавшемся съезде по радиационным исследованиям.

Хорошо спланированная и корректно выполненная работа позволяет сделать и обоснованные выводы. Из них следует отметить впервые выявленную значимость влияния ЭМП низкой интенсивности на ювенильный период развития ракообразных. Вместе с этим существенной значимости голодания на эффекты хронического ЭМИ не обнаружено. Важно и то, что автором показана возможность восстановления популяции второго поколения, при условии отсутствия хронического радиочастотного облучения. Все это позволяет считать проведенную работу реальным вкладом не только в систему фундаментальных знаний о биоэффектах ЭМП, но результаты имеют и несомненную практическую значимость для нормативно-гигиенической оценки таких антропогенных воздействий на биоту. Выше упоминалось отсутствие согласования при формировании гигиенических нормативов. Полученные автором результаты могут считаться шагом к согласованной оценке эффектов ЭМП при нормировании этого фактора.

Диссертация построена по традиционной схеме, изложена на 113 страницах текста и состоит из введения, обзора литературы, главы материалов и методов, а также глав, в которых изложены и обсуждены полученные в модельных экспериментах результаты, а также заключение выводов и списка литературы (156 ссылок, в том числе 68 на иностранных языках).

В разделе **Введение** содержатся все нужные разделы, включая информацию, обосновывающую актуальность данного направления, выбор цели и постановку задач, изложена научная новизна и практическая значимость, вынесенные на защиту положения, а также сведения о публикациях, докладах и апробации работы.

В **обзоре литературы** приведены данные о биоэффектах разных по интенсивности диапазонов ЭМП, о механизмах их эффектов. Подробно обоснован выбор объекта, методы оценки, а также возможную значимость голодания. По моему мнению, можно было бы не привлекать данные об электрических и магнитных полях промышленной частоты. Это отдельное направление, хотя оценка влияния на биоту мощных подстанций и линий высоковольтных передач тоже важна. Именно радиочастотные поля сейчас присутствуют всюду, создавая основную часть того самого электромагнитного загрязнения. По моему мнению, в концовке обзора надо бы кратко его обобщить и изложить те посылки, согласно которым и сформулирована цель работы и задачи для ее решения.



В главе **материалов и методов** подробно описан источник ЭМИ, а также схемы модельных экспериментов и использованные для анализа параметры. Все это изложено грамотно, дает нужную информацию об условиях опытов.

В **главе 3** изложены собственные результаты по тестам выживаемости нескольких поколений после хронического облучения, выделены разные периоды развития (ювенильный и пубертатный период). Применение МТТ-теста позволило выявить нарушения метаболизма у облученных животных и последующего поколения. Отдельно проанализирована значимость режима питания в сравнении с эффектами хронического ЭМИ. Показано, что облучение в эвенильный период приводило к снижению плодовитости в облученном поколении и сохранялось в последующем за этим поколении. Как уже упоминалось, важно, что во втором необлученном поколении жизнеспособность может восстанавливаться. Это дает возможность обоснованной оценки прогноза влияния ЭМИ радиочастот на биоту. Количество иллюстраций в виде таблиц и рисунков достаточно для демонстрации выявленных закономерностей.

В **заключении** обобщены полученные автором в модельных экспериментах результаты, их анализ позволил сделать последующие выводы о наличии критических периодов в аспекте чувствительности и наличия негативного влияния хронического ЭМИ, а также о возможности эффективного восстановления, по-видимому, в результате эффективной работы систем адаптации. Сделанные **выводы** вытекают из результатов, логичны и подтверждают положения, выносимые на защиту.


**Автореферат** диссертации содержит все необходимые компоненты и вполне достаточно и корректно создает впечатление о проделанной работе, ее результатах и научном выходе в виде публикаций и докладов.

Диссертация не лишена погрешностей в изложении, повторов и опечаток, хотя общего положительного впечатления это не меняет. Как-то изолировано наличие в обзоре раздела о параметрах источников ЭМИ. Действительно, т.н. ближняя зона составляет около двух длин волн, в данном случае порядка 60 см, в этой зоне возможны существенные перепады интенсивности, наличие «пучностей» и нет еще сформированной плоской волны. В какой-то степени это компенсируется постоянством условий экспериментов и интенсивностью, явно относящейся к нетепловым. Автор подробно проанализировал возможность неоднородности интенсивности поля, данные замеров, и в целом убедительно показал, что она не столь велика, чтобы существенно влиять на результаты. Конечно, 900 МГц – это частота первого по времени диапазона сотовой связи, в настоящее время стандарты ушли к 5-6 ГГц, а впереди – широкое применение субмиллиметровых длин волн, биоэффекты последних мало изучены. Национальный

комитет по защите от неионизирующих излучений, членом которого я являюсь, считает экспериментальное обоснование биологической и гигиенической значимости этого ультракоротковолнового диапазона сотовой связи чрезвычайно важной и актуальной задачей. К сожалению, в модельных экспериментах использовали только непрерывную генерацию поля. Сформировалось мнение, подтвержденное реальными данными, что импульсная модуляция при равной энергетике обладает большей биотропностью по сравнению с непрерывным режимом. Конечно, это отдельное направление, возможно, оно может быть целью последующих работ с использованием этой вполне отработанной экспериментальной модели.

Оценивая диссертационную работу в целом, прихожу к **заключению**, что диссертационная работа Ксении Вадимовны Устенко «**Трансгенерационные изменения при радиочастотном облучении в ювенильный и пубертатный период (на примере беспозвоночного животного *Daphnia magna*)**», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, соответствует паспорту специальности 1.5.1-«радиобиология» и является самостоятельным, завершенным научно-квалификационным трудом, содержащим решение актуальной научной задачи, при выполнении которого получены новые научные результаты, имеющие как фундаментальную направленность, так и возможную практическую значимость. Диссертация Устенко Ксении Вадимовны соответствует предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям п.п. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (в редакции постановления Правительства РФ от 20 марта 2021 г.), а ее автор, Устенко Ксения Вадимовна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1-радиобиология.

Официальный оппонент, профессор  
научно-образовательного отдела МРНЦ им. А.Ф.Цыба-  
филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России,  
доктор медицинских наук

 /Л.П.Жаворонков/

249036 Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева 4  
тел. моб.8-910-709-97-34  
e-mail – leonid.petrovich @ inbox.ru

Подпись д.м.н. Л.П.Жаворонкова удостоверяю  
Зав. отдела кадров МРНЦ им. А.Ф.Цыба



/О.В.Ильина/

28.10.21