

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Мунхбаатара Батмунха «Математическое моделирование формирования радиационных повреждений в нервных клетках при действии ускоренных протонов и тяжёлых ионов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – радиобиология.

Мунхбаатар Батмунх после окончания Национального университета Монголии поступил на работу в Дубну в Лабораторию радиационной биологии Объединенного института ядерных исследований. Будучи соискателем он успешно сдал кандидатские экзамены и приступил к подготовке диссертационной работы, выполняя исследования в должности научного сотрудника Сектора математического моделирования радиационно-индуцированных эффектов Лаборатории радиационной биологии. За время работы он проявил себя как квалифицированный исследователь, способный самостоятельно формулировать и решать научные задачи в области моделирования физико-химических эффектов в треках ускоренных заряженных частиц в живых системах. Мунхбаатар Батмунх постоянно работает над повышением своего профессионального уровня, осваивая как новые математические методы, так и разрабатывая специализированное программное обеспечение. Следует особо отметить его популяризаторскую и образовательную деятельность по проведению специальных курсов и мастер-классов для школьников и студентов из разных стран в области применения моделирования в задачах микродозиметрии и радиационной биологии.

Научные интересы соискателя лежат в области радиобиологии тяжелых заряженных частиц и ее приложений к проблемам оценки радиационных рисков космических излучений для космонавтов, а также задачам радиационной терапии злокачественных новообразований пучками адронов. Диссертационная работа Мунхбаатара Батмунха посвящена исследованию эффектов радиационного повреждения нервной системы. Актуальность и практическая значимость работы обусловлены, во-первых, необходимостью развития новых концепций оценки эргономического радиационного риска в ходе пилотируемых полетов за пределы магнитосферы Земли, когда нарушение нормальной работы мозга и операторской деятельности в результате действия галактических космических лучей может привести к срыву миссии. Во-вторых, в ходе планирования лучевой терапии опухолей мозга помимо расчета гибели опухолевых клеток крайне важен учет степени повреждения нормальных тканей на пути пучка к опухоли, а также оценка возможных побочных эффектов.

Поскольку эксперименты на пучках ускоренных тяжелых ионов, в особенности, на культурах нервных клеток и лабораторных животных, очень сложны и труднодоступны, в работе сделана ставка на теоретическое изучение соответствующих эффектов. В основу расчетов положено использование современных методов Монте-Карло моделирования транспорта заряженных частиц через вещество, радиационной химии в треках и внутриклеточных биологических процессов. В ходе работы Мунхбаатару Батмунху удалось расширить функционал известного программного пакета Geant4-DNA, включив в него специальное приложение “neuron” для моделирования радиационных повреждений в клетках и отделах головного мозга со сложной морфологией. Его разработки высоко оценены международной коллаборацией разработчиков Geant4.

В результате работы автором был получен целый ряд новых ярких научных результатов. Среди них прежде всего стоит отметить разработку детальной теоретической модели формирования в нервных клетках радиационных повреждений ДНК различного генезиса,

типа и степени сложности. На ее основе удалось провести расчет выживаемости после облучения тяжелыми ионами радиочувствительных клеток мозга, участвующих в процессе нейрогенеза. Результаты соответствующих теоретических расчетов хорошо согласуются с известными экспериментальными данными. В работе впервые были рассчитаны микрораспределения поглощенной дозы и продуктов радиолиза в структурах нервных клеток и нейронных сетей сложной геометрии при прохождении через них заряженных частиц различного типа и диапазона энергий. Эти данные создают задел для изучения в будущем более сложных радиационно-индуцированных эффектов на тканевом уровне, таких, например, как процессы в микроокружении опухоли, развитие нейровоспалительных процессов, нарушение синаптической пластичности и электрофизиологической активности мозга.

Результаты работы опубликованы в престижных международных научных изданиях и апробированы на значительном числе научных школ и конференций. Примечательно, что Мунхбаатар Батмунх выступал в них не только как участник, но и как организатор. Проводимые им исследования были поддержаны исследовательскими грантами и премией ОИЯИ.

Диссертационная работа Мунхбаатара Батмунха выполнена на высоком научном уровне и по своему объему, содержанию и значимости удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – радиобиология.

Считаю, что Мунхбаатар Батмунх достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – радиобиология.

Научный руководитель,  
доктор-физико-математических наук

Бугай Александр Николаевич  
«20» июня 2022 г.

директор Лаборатории радиационной биологии  
Международной межправительственной организации  
Объединенный институт ядерных исследований  
141980, Россия, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6; 8496-216-37-16; bugay@jinr.ru

Подпись Бугая Александра Николаевича  
удостоверяю

НАЧАЛЬНИК ОК ОИЯИ  
С.В. БОБРОВ  
20.06.2022г