

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комиссия из членов диссертационного совета в составе доктора медицинских наук, профессора Иванова А.А. (председатель), доктора биологических наук, Нутиса В.Ю., доктора биологических наук, Рождественского Л.М. предварительно рассмотрела диссертационную работу на тему: «Повреждение ДНК лимфоцитов периферической крови и спленоцитов млекопитающих при моделировании воздействия космического ионизирующего излучения», выполненную Блохиной Тaisией Михайловной, научным сотрудником Лаборатории фармакологии противолучевых средств Федерального государственного бюджетного учреждения Государственный научный центр Российской Федерации «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России. Работа выполнена на базе Федерального государственного бюджетного учреждения Государственный научный центр Российской Федерации «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России и Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. Диссертация представлена к рассмотрению и защите в диссертационном совете 68.1.003.01 (Д462.001.04) при Федеральном государственном бюджетном учреждении Государственного научного центра Российской Федерации «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1- «Радиобиология».

Диссертационная работа Блохиной Т.М. посвящена актуальной проблеме изучения особенностей влияния космического излучения на ДНК клеток млекопитающих. Негативные последствия, связанные с воздействием космического излучения на организм космонавтов, находящихся на низких околоземных орbitах и при освоении глубокого космоса недостаточно изучены. Достоверно известно увеличение числа хромосомных aberrаций

клеток периферической крови у космонавтов. Полагают, что длительное воздействие космического излучения увеличивает риск развития злокачественных новообразований, приводит к развитию когнитивных дисфункций из-за поражения клеток центральной нервной системы (ЦНС), вызывает дегенеративные эффекты в тканях и хроническую лучевую болезнь. Предполагается, что во время трехлетнего полета на Марс космонавты получат поглощенную дозу ионизирующего излучения выше 1,5 Гр, то есть суммарная доза будет значительно превышать дозы, установленные действующей системой радиологической защиты России и NASA, что может привести к возникновению радиационно-индуцированных злокачественных новообразований.

В ряде работ показано, что пониженная гравитация может также усиливать негативные эффекты ИИ, в частности усиливать клеточную гибель по механизму апоптоза. В последнее время также появились данные о том, что невесомость может замедлять процессы репарации ДР ДНК и увеличивать выход цитогенетических нарушений. Проблема дополняется сложностью и дороговизной космических экспериментов. Наземные исследования с использованием живых организмов, стремящиеся смоделировать биологические эффекты космической радиации, должны учитывать не только воздействия протонов и источников тяжелых ионов, но и эффекты вторичного излучения вкупе с перрадиационными факторами, такими как пониженная гравитация. Этот подход более точно прояснит влияние космического излучения на ДНК клеток человека и окажет помощь в развитии персонализированных радиологических контрмер для космонавтов.

Научная новизна исследований заключается в выявлении длительного статистически значимого ( $p < 0.05$ ) увеличения доли лимфоцитов периферической крови макак-резус (*Macaca mulatta*) с повышенным уровнем повреждений ДНК в результате локального облучения гиппокампа головного мозга высокозергетическими ядрами криптона-84. Проведенные впервые эксперименты по исследованию комбинированного действия ИИ и

моделируемой невсесомости на ДНК лимфоцитов периферической крови в отдаленный период после облучения (до 446 суток) продемонстрировали статистически значимое увеличение доли лимфоцитов с повышенным уровнем повреждений ДНК, регистрируемого в течение длительного времени после окончания воздействия (1,5 месяца). Обнаружено, что оболочка проектируемого транспортного корабля не позволяет существенно снизить ДНК-повреждающий эффект 163 МэВ протонного излучения, а лишь на ~30% ослабление ДНК-повреждающего эффекта в комбинации 4 мм алюминий + трехслойная конструкция каркаса проектируемого космического корабля – плексиглас толщиной 50 мм или водный фантом с толщиной 160 мм в клетках селезенки облученных мышей. Показано, что использование бетонной защиты позволяет существенно снизить поток первичного протонного излучения с энергией 650 МэВ, снижая с увеличением толщины этой преграды выраженность негативных биологических эффектов у мышей, облучаемых в центре пучка. Однако с увеличением толщины преграды с 20 до 80 см и расстояния от центра пучка с 0 до 20 см существенно меняется спектр вторичного излучения и увеличивается доля нейтронной компоненты, что также вызывает негативные биологические эффекты, выражающиеся в увеличении доли поврежденных и апоптотических клеток селезенки.

Работа выполнена на современном научном уровне.

Полученные данные вносят важный вклад в понимание биологических процессов, происходящих в организме космонавтов во время космических миссий и могут быть использованы для оптимизации защитных условий от компонентов вторичного излучения.

Результаты можно использовать для оценки генотоксических эффектов негативных факторов космических полётов, проектирование эффективной физической защиты космических кораблей и баз. Результаты работы будут востребованы при чтении курса лекций по космической биологии и медицины для студентов профильных специальностей.

По результатам, полученным автором лично в ходе проведенных экспериментов, и анализа литературных данных показано, что исследованные компоненты космического излучения (высокоэнергетические заряженные частицы, гамма-излучение) в дозах 1-3 Гр вызывают статистически значимое увеличение доли лимфоцитов периферической крови с повышенным количеством ДР ДНК у локально и тотально облученных приматов, регистрируемое в течение как минимум 42 суток после окончания воздействия. Пассивная защита космического корабля от радиации (материалы обшивки корабля) позволяет снизить генотоксический эффект протонного излучения с энергией 163 МэВ на 30 %. Бетонная защита с толщиной 20, 40, 80 см снижает дозу от протонного излучения с энергией 650 МэВ в 1,8, 3 и 9,4 раза, соответственно, но при этом индуцирует поток вторичного излучения, который вызывает значимый генотоксический эффект.

Полученные при проведении научного исследования являются подлинными. Статистическая обработка подтвердила их значимость.

Проведенная проверка диссертации на отсутствие заимствованного материала без ссылок на других авторов программой «Антиплагиат» показала 84,82% оригинальности текста.

Комиссия пришла к заключению, что тема и содержание диссертации соответствует научной специальности 1.5.1 – «Радиобиология» п.3 и п.4 (шифр 03.01.01) паспорта специальности (отрасли биологические науки), по которой диссертационному совету предоставлено право принимать к защите диссертации.

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Материалы в полной мере отражают содержание диссертационной работы.

Диссертация Блохиной Таисии Михайловны на тему: «Повреждение ДНК лимфоцитов периферической крови и спленоцитов млекопитающих при

моделировании воздействия космического ионизирующего излучения» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, и может быть принята к защите в Диссертационном совете 68.1.003.01 (Д 462.001.04) при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБЛ России по специальности 1.5.1 – «Радиобиология» биологические науки.

Председатель:



А.А. Иванов

Члены комиссии:



В.Ю. Нугис



Л.М. Рождественский

Подпись доктора медицинских наук, профессора Иванова А.А.,  
доктора биологических наук Нугиса В.Ю.,  
доктора биологических наук Рождественского Л.М. заверяю:

Ученый секретарь  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ  
им. А.И. Бурназяна ФМБЛ России,  
кандидат медицинских наук

11.07.2022 г.



Е.В. Голобородько