

## КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ И МИКРОГРАВИТАЦИИ НА ИМУННУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА

**Жданова А.М.**

**Научный руководитель – Курилович А.М.**

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

*Космическая радиация и микрогравитация приводит к глубоким нарушениям иммунной системы организма человека. Использование фармакологических, персонализированных и биотехнологических решений имеет ключевое значение для разработки эффективных контрмер, способных поддерживать иммунную устойчивость экипажа в условиях длительного пребывания в космосе. **Ключевые слова:** космос, микрогравитация, радиация, биоинженерия.*

## COMBINED EFFECTS OF COSMIC RADIATION AND MICROGRAVITY ON THE HUMAN IMMUNE SYSTEM

**Zhdanova A.M.**

**Scientific supervisor – Kurilovich A.M.**

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

*Cosmic radiation and microgravity lead to profound disorders of the human body's immune system. The use of pharmacological, personalized and biotechnological solutions is of key importance for the development of effective countermeasures capable of maintaining the immune resistance of the crew during prolonged stay in space. **Keywords:** space, microgravity, radiation, bioengineering.*

**Введение.** Исследование комбинированного воздействия космической радиации и микрогравитации на иммунную систему человека опирается на растущую потребность в обеспечении безопасности экипажей при длительных пилотируемых миссиях. По мере расширения программ освоения космоса становится очевидным, что иммунная система человека значительно уязвима в условиях орбитального полёта: наблюдаются снижение активности иммунокомпетентных клеток, трансформация воспалительных реакций и повышение восприимчивости к инфекциям. Эти нарушения обусловлены совокупным воздействием микрогравитации, изменяющей работу физиологических систем, и космической радиации, вызывающей повреждение ДНК и нарушение клеточного гомеостаза.

**Материалы и методы исследований.** Материалом для исследования послужили статьи, публикации и научные исследования из открытых интернет-ресурсов, посвящённые изучению космической радиации [1-3]. Методология исследования включала анализ, обобщение, дедукция и абстрагирование.

**Результаты исследований.** Космическая радиация является одним из ключевых факторов, вызывающих нарушения в работе иммунной системы человека при длительном пребывании на орбите. Радиационная среда околоземного пространства включает потоки протонов и электронов радиационных поясов Земли, галактические космические лучи и солнечные энергетические частицы, которые обладают высокой проникающей способностью и могут вызывать повреждения на клеточном и молекулярном уровне. Основу ионизирующего излучения составляют протоны, тяжёлые заряженные частицы и высокоэнергетические ядра, которые, взаимодействуя с тканями организма, инициируют образование свободных радикалов, разрывы ДНК и структурные изменения клеточных мембран. Для иммунной системы такие воздействия особенно критичны: радиация снижает пролиферацию Т-лимфоцитов, нарушает функции натуральных киллеров, изменяет активность макрофагов и приводит к дисбалансу цитокинов. В результате ослабевает клеточный и гуморальный иммунный ответ, повышается восприимчивость к инфекциям и возрастает риск развития воспалительных и аутоиммунных реакций.

Микрогравитация оказывает выраженное влияние на иммунную систему человека, поскольку в условиях невесомости происходят глубокие физиологические перестройки организма. Отсутствие нормальной механической нагрузки приводит к перераспределению жидкостей, снижению мышечного тонуса, изменению работы сердечно-сосудистой и эндокринной систем. На клеточном уровне микрогравитация изменяет распределение иммунокомпетентных клеток в организме (происходит их смещение в центральные отделы кровотока), что снижает эффективность их взаимодействия.

Комбинированное воздействие космической радиации и микрогравитации приводит к более глубоким нарушениям иммунной системы, чем действие каждого фактора по отдельности. Их синергетический эффект проявляется в накоплении повреждений ДНК, нарушении межклеточной коммуникации и снижении способности иммунных клеток к восстановлению после стрессовых воздействий. У космонавтов, находящихся на длительных орбитальных миссиях, фиксируются изменения цитокинового профиля, снижение эффективности противoinфекционной защиты и повышенная склонность к латентной вирусной реактивации. Особенность иммунных дисфункций при комбинированном воздействии заключается в их устойчивости и накопительном характере, что делает данную проблему особенно значимой для будущих длительных межпланетных экспедиций.

Подходы к профилактике и коррекции иммунных нарушений, возникающих под воздействием космической радиации и микрогравитации, основываются на сочетании фармакологических, персонализированных и биотехнологических решений. Фармакологическая защита включает применение антиоксидантов, радиопротекторов и иммуномодулирующих препаратов, направленных на снижение окислительного стресса, стабилизацию клеточных структур и поддержание активности иммунных клеток. Персонализированные контрмеры предполагают индивидуальный подбор стратегий защиты с учётом генетических особенностей, состояния здоровья и реакции конкретного космонавта на факторы космического полёта. Они включают: адаптированные тренировочные программы, диетические схемы питания и мониторинг иммунных показателей. Биоинженерные и биотехнологические подходы включают использование клеточных технологий, микробиомных корректоров и перспективных методов генной регуляции, способных поддерживать устойчивость иммунной системы в условиях длительных миссий. Комплексное применение этих мер позволяет значительно повысить безопасность и работоспособность экипажа при длительном пребывании в космосе.

**Заключение.** Комплексное изучение факторов космического полёта имеет ключевое значение для разработки эффективных контрмер, способных поддерживать иммунную устойчивость экипажа в условиях длительного пребывания в космосе. Только всесторонний подход, включающий молекулярные исследования, моделирование комбинированных воздействий и внедрение биотехнологических решений, позволит обеспечить здоровье космонавтов и успешную реализацию будущих межпланетных экспедиций.

#### **Литература.**

1. Жданова, А. М. Влияние космической радиации на здоровье человека при длительных космических миссиях / А. М. Жданова ; науч. рук. А. М. Курилович // Время выбрало нас : материалы Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Витебск, 15-16 мая 2025 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. - Витебск : ВГАВМ, 2025. - Ч. 1. - С. 26-28.
2. Nasa : [website]. – Washington, 2026. – URL :[https://www.nasa.gov/hrp/?utm\\_source=copilot.com](https://www.nasa.gov/hrp/?utm_source=copilot.com) (date of access: 08.04.2026).
3. Радиация // Образовательный сервис Гемотекс. – URL : <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/radiatsiya-i-zdorove/> (дата обращения : 08.04.2026).