ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: ОЦЕНКА РИСКОВ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ДЛЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА АВИАЦИИ

Сидиневская А.И., Борейшо Т.Д.

Научный руководитель: Сезеневская Е.П.
Гродненский государственный медицинский университет

Актуальность. Население Земли постоянно подвергается воздействию космического излучения, интенсивность которого ослабевает по мере приближения к поверхности планеты.

Актуальность изучения влияния радиации на космонавтов и пилотов обусловлена двумя основными причинами.

Во-первых, авиаперелеты становятся более распространёнными для отдыха и деловых поездок; вследствие этого возрастает число авиакомпаний, а значит, и количество людей, которые будут подвержены вторичному космическому излучению.

Во-вторых, набирает популярность космический туризм, участники которого, подобно космонавтам, будут подвергаться воздействию первичного космического излучения, обладающего большей энергией и более выраженными биологическими эффектами.

Актуальность проблемы подтверждается прогнозами: значительным развитием отрасли космического туризма к 2050 году [1].

Цель. Исследовать воздействие космического излучения на население, пользующееся авиаперелетами, и определить вероятность возникновения онкологических заболеваний у летного состава гражданской и военной авиации, а также у пассажиров гражданской авиации.

Материалы и методы. Проведен анализ рисков развития онкологических заболеваний у летного состава, подвергшегося воздействию космического излучения, на основе данных из открытых источников (PubMed, Scopus) за период 2021-2025 гг. Для исследования применялись статистические и сравнительно-оценочные методы.

Результаты и их обсуждение. Космическая радиация – это любое волновое либо корпускулярное излучение, которое исходит от небесных тел. В среднем за год человек получает от нее 0,33 мЗв, что составляет 11% от годового облучения человека от всех естественных источников радиации. С увеличением высоты растет интенсивность космического излучения, достигая значений 2,5–3,5 мЗв/ч в космосе.

Первичное космическое излучение – излучение из разных областей мирового пространства, которые еще не взаимодействовали с атмосферой Земли. Этот вид космического излучения имеет сложный состав (таблица 1) [2].

Репозиторий ГрГМУ

Таблица 1. – Состав первичного космического излучения

Составляющее	Состав
Галактические космические лучи	Протоны (85%) – высокоэнергетические ядра водорода. Ядра гелия (14%) – альфа-частицы, имеющие высокую проникающую способность. Тяжелые ионы (1%) – ядра углерода, кремния, кислорода, неона
Солнечные вспышки	Протоны (92%), ионы гелия (6%), тяжелые элементы (2%)
Радиационный пояс Ван Аллена	Внешний пояс – это электроны с энергией 40 кэВ – 7 МэВ. Внутренний пояс – протоны с энергией 100 кэВ – 400 МэВ.

Один год пребывания на МКС подвергает космонавтов воздействию космического излучения с эффективной дозой в пределах 110-180 мЗв. При этом среднегодовая эффективная доза, получаемая от естественного радиационного фона на Земле, составляет лишь 2,4 мЗв. То есть доза, которая получена на МКС, в десятки раз превышает уровень облучения для большинства людей на Земле. Даже при том, что в областях с повышенным естественным радиационным фоном 10% населения подвергается облучению свыше 3 мЗв в год, радиационная нагрузка на МКС существенно превосходит эти значения.

Научные исследования показывают связь между космическими полетами и повышенным риском развития онкологических заболеваний. В частности, в 2021 году было зафиксировано увеличение смертности от меланомы среди космонавтов, что коррелирует с аналогичными тенденциями, наблюдаемыми у пилотов авиации. Детальный анализ причин смертности 118 советских и российских космонавтов, которые участвовали в миссиях с 1960 по 2018 год, показал то, что рак является второй по частоте причиной смерти (27%), уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям (48,6%). Этот показатель значительно превышает среднемировой уровень смертности от рака, который за последние три десятилетия составлял приблизительно 12,5% от общего числа смертей.

После поглощения первичного космического излучения атмосферой, образуется вторичное космическое излучение. Оно состоит из: электронов (30%), нейтронов (менее 1%), мезонов (около 70%). Его интенсивность возрастает с увеличением высоты (удваивается каждые 1,4 км), достигая наиболее высоких для Земли значений на высоте 20-30 км (приблизительно 20 мкЗв/ч) [3].

На высоте 8-10 км, где летают гражданские авиалайнеры, космическое излучение представлено в основном гамма- и нейтронными частицами. В этих условиях бортпроводники получают от 2 до 6 мЗв ионизирующего излучения в год, что в 10-20 раз выше среднегодовой дозы космической радиации для человека. Эти риски подтверждаются официальными статистическими данными, согласно которым заболеваемость раком кожи у бортпроводников в Великобритании с налетом более 5000 часов удваивается [4].

Военная же авиация выполняет полеты на высотах от 15 до 20 км, где радиационный фон выше, чем на трассах гражданской авиации. В исследовании, опубликованном Пентагоном в 2023 году, было установлено, что среди военных пилотов США также наблюдается повышенная заболеваемость раком. В рамках этого исследования были проанализированы данные 900 тысяч военнослужащих, выполнявших полеты на военных самолетах в период

Репозиторий ГГПУ

с 1992 по 2017 год. Его результаты показали, что у членов экипажей на 87% выше заболеваемость меланомой и на 39% – раком щитовидной железы по сравнению с рабочим населением. При этом среди онкологических заболеваний, выявленных в эти годы, лидировали рак трахеи, немеланомный рак кожи и рак молочной железы [2].

Анализируя вышеперечисленное, сотрудники гражданской авиации получают дозы вторичного космического излучения в диапазоне 2-6 мЗв. Этот показатель в 10-20 раз превосходит среднегодовую дозу, характерную для общей популяции. Следствием такой экспозиции является двукратный рост заболеваемости раком кожи среди бортпроводников с длительным стажем работы. Военные пилоты, летающие на высотах 15-20 км, демонстрируют ещё более высокие риски: исследование Пентагона (2023 г.) выявило у них на 87% больше меланомы и на 39% больше рака щитовидной железы по сравнению с общей рабочей популяцией. Эти данные свидетельствуют о прямой зависимости онкологического риска от высоты и длительности экспозиции.

Космонавты, подвергающиеся воздействию первичного космического излучения, сталкиваются с наиболее выраженными последствиями. Среди причин смертности советских и российских космонавтов рак занимает второе место (27%), значительно опережая среднемировой показатель (12,5%). При этом у космонавтов, работавших на МКС, частота онкологических заболеваний статистически значимо в 2,16 раза выше, чем в общей популяции. Это свидетельствует о серьезном канцерогенном риске, связанном с пролонгированным воздействием космической радиации.

Выводы. Анализ статистических данных свидетельствует о том, что профессиональные группы, такие как летный состав гражданской и военной авиации испытывают повышенное воздействие ионизирующего излучения, в первую очередь космического, по сравнению с общей популяцией. Это проявляется в существенном отличии структуры их заболеваемости. В частности, у космонавтов, участвовавших в миссиях на МКС, наблюдается статистически значимое увеличение частоты онкологических заболеваний в 2,16 раза относительно среднего показателя по населению. Результаты подчеркивают значительный потенциальный риск развития злокачественных в условиях пролонгированного или интенсивного воздействия космического ионизирующего излучения.

Литература

1. Cutaneous malignant melanoma and occupational exposure to (natural) UV radiation in pilots and aircrew. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/ media/5eb2b2b9d3bf7f2b979f83b8/ cutaneous-malignant-melanoma-and-occupational-exposure-to-uv-radiation-in-pilots-and-aircrew-iiac-report.pdf (date of access: 16.09.2025).

2. Кароли, М. Космический туризм: путешествия за пределы Земли в 2050 году / М. Кароли, Т. Подладчикова. – URL: https://science.mail.ru/articles/6181-kosmicheskij-turizm/ (дата обращения: 14.09.2025).

3. Facts about radiation from space (cosmic radiation) / Centers for Disease Control and Prevention (CDC) // Radiation and Your Health. – URL: https://www.cdc.gov/radiation-health/data-research/facts-stats/cosmic-radiation.html (date of access: 21.09.2025).

4. Radiation on Earth or in space: what does it change? / J. Restier-Verlet, L. El-Nachef, M. L. Ferlazzo [et al.] // Int J Mol Sci. – 2021. – Vol. 22, № 17. – P. 3739.

Репозиторий ГрГМУ