

УДК 004.896:629.78.007

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ПОДХОДОВ
КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ КОСМОНАВТОВ,
ЗАВЕРШИВШИХ ЛЕТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ****И.В. Кошель, Р.Р. Каспранский, И.И. Маркеев, В.А. Яшина,
Е.Д. Фабер**

Докт. мед. наук И.В. Кошель; канд. мед. наук Р.Р. Каспранский;
канд. мед. наук И.И. Маркеев; В.А. Яшина; Е.Д. Фабер
(ФГБУ «ФНКЦ КМиБ» ФМБА России)

В данной работе представлен новый способ количественной оценки состояния здоровья космонавтов, который качественно отличается от применяемого нами ранее Ранга тяжести болезни (РТБ). Новый подход фокусируется на оценке состояния различных физиологических систем организма и затем объединяется в интегральный показатель – Рейтинг ущерба здоровью (РУЗ), основанный на использовании Руководства Американской медицинской ассоциации по оценке стойких нарушений функций организма. Исследование осуществлено на основе результатов медицинских обследований 36 космонавтов, завершивших летную деятельность. Приведены методология расчета нового показателя и результаты оценки здоровья, структура заболеваемости, а также сравнение двух оценок между собой и с факторами космического полета. Новый подход позволяет количественно проследить за встречающимися состояниями у космонавтов и их динамикой. Полученные данные продемонстрировали хорошее согласование между рассматриваемыми оценками, а также выявили преимущества и недостатки каждого из них.

Ключевые слова: медицинские исследования, долголетие космонавтов, интегральные показатели здоровья

**Comparative Analysis of Two Approaches for Quantitative
Assessment of the Health of Cosmonauts who Have Completed
Their Flight Activities. I.V. Koshel, R.R. Kaspranskiy, I.I. Markeev,
V.A. Iashina, E.D. Faber**

This paper presents a new method for the quantitative assessment of cosmonauts' health status that differs qualitatively from the previously used Disease Severity Rank (DSR). The proposed approach focuses on evaluating the condition of individual physiological systems and subsequently integrates them into an integrated indicator – the Health Impairment Index (HII) – based on the American Medical Association Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. The study is based on the results of medical examinations of 36 cosmonauts who have completed their flight careers. The methodology for calculating the new indicator and the results of health assessment, morbidity structure, and comparisons between the two assessment methods, as well as their associations with spaceflight factors, are presented. The new approach enables quantitative tracking of health conditions observed in cosmonauts and their dynamics over

time. The obtained data demonstrated good correlation between the considered assessment methods and revealed the advantages and disadvantages of each of them.

Keywords: medical research, longevity of cosmonauts, integrated health indicators

Состояние вопроса и постановка задачи

Оценка долгосрочных эффектов космических полетов на здоровье космонавтов представляет собой сложную задачу в области космической медицины. Явные изменения, возникающие в отдаленные сроки после космических миссий, не фиксируются, что подтверждается публикациями отечественных и зарубежных исследований, касающихся обследований космонавтов (астронавтов), завершивших летную деятельность [1, 2].

Мониторинг здоровья космонавтов, завершивших летную деятельность, проводился с 2013 г. в рамках программы «Долголетие» в ФГБУ ФНКЦ ФМБА России. Программа углубленного обследования космонавтов в рамках проекта включает консультации специалистов и углубленное обследование с применением современных методов диагностики [3].

При анализе полученных данных углубленного обследования мы апробировали несколько подходов к количественной оценке здоровья космонавтов, включая подсчет и сравнение общего количества заболеваний и экспертную оценку методом попарного сравнения степени выраженности заболеваний космонавтов, который был выделен в отдельный показатель – РТБ, представляющий собой оценку от 0 до 70 баллов [4]. В качестве показателей, обуславливающих отдаленные последствия выполненных космических полетов, были рассмотрены такие характеристики, как общая продолжительность полетов (ОДП), выраженная в сутках; суммарная длительность выходов в открытый космос или время внекорабельной деятельности (ВКД). Кроме этого, анализировались возраст и время, прошедшее с последнего полета на момент обследования (ΔТ).

Результаты исследования выявили прямую связь комплекса заболеваний у космонавтов, завершивших летную деятельность, исключительно с возрастом и временем, прошедшим после последнего космического полета.

Однако применение метода попарного сравнения выявило существенные методологические ограничения. При использовании данного метода получаются относительные, а не абсолютные значения показателей здоровья, что затрудняет объективное сравнение состояния отдельных космонавтов в разных временных точках. Критическим недостатком является необходимость полного пересчета всех ранее полученных значений при включении новых участников в анализ, что делает показатели нестабильными и снижает воспроизводимость результатов. Отсутствие фиксированной шкалы измерений ограничивает применимость метода для продолжных исследований и динамического наблюдения за состоянием здоровья космонавтов.

В результате критического анализа ограничений показателя РТБ нами была разработана методика расчета количественных показателей здоровья космонавтов на основе Руководства Американской медицинской ассоциации по оценке стойких нарушений функций организма (American Medical Association Guides to the Evaluation of Permanent Impairment, далее Руководство АМА) [5]. Данное руководство представляет собой стандартизированный инструмент медико-социальной экспертизы, позволяющий количественно оценить степень стойкой потери здоровья в результате заболеваний и травм.

В отличие от методов попарного сравнения, Руководство АМА предоставляет фиксированную шкалу оценки с четко определенными критериями, что обеспечивает получение абсолютных значений показателей, которые не зависят от состава обследуемой группы и пригодных для сопоставления данных в динамике. Метод демонстрирует высокие возможности количественной оценки функциональных нарушений по физиологическим системам организма на основе Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья [6]. Руководство АМА с 1971 г. (в настоящее время действует шестая редакция) применяется в юридической практике и страховой медицине для формализованной оценки ущерба здоровью человека, что свидетельствует о проработанности вопросов объективизации, стандартизации и унификации экспертных критериев. Важно отметить, что НАСА использовало это руководство при разработке «Интегральной медицинской модели» для оценки рисков здоровью человека при выполнении межпланетных миссий, включая расчет «Индекса здоровья экипажа» [7], что подтверждает релевантность выбранного подхода для космической медицины.

Разработанный нами показатель РУЗ основан на адаптации методологии Руководства АМА применительно к медицинскому мониторингу здоровья космонавтов, завершивших летную деятельность. [8]. Ключевая идея состоит в применении стандартизированной количественной оценки для определения процента потери функций организма после травм или болезней, при формировании итоговой оценки ущерба состоянию здоровья. В целом это предполагает возможность мониторинга выявленных отклонений с использованием количественных показателей. Такой подход является принципиально новым решением в количественной оценке здоровья космонавтов с использованием данных углубленного медицинского обследования. Новизна метода также состоит в определении количественных оценок по группам заболеваний (например, заболеваний коронарных артерий, заболеваний толстой и прямой кишки, заболеваний предстательной железы и т. д.), интегрально по физиологическим системам (сердечно-сосудистая, дыхательная, пищеварительная, мочеполовая и т. д.) и по всему организму, что позволяет проводить многоуровневый анализ клинико-функционального статуса космонавтов, завершивших летную деятельность.

Целью данного исследования является сравнение методов количественной оценки здоровья космонавтов, завершивших летную деятельность, с использованием разработанного ранее РТБ и предлагаемого РУЗ.

Материалы и методы

Дизайн исследования основан на результатах предыдущей работы [4], поэтому в данной статье нами будут затронуты лишь некоторые аспекты исследования, необходимые для корректного сравнения показателей и понимания основных принципов.

С 2013 г. было проведено обследование 36 космонавтов мужского пола в возрасте от 45 до 88 лет на момент обследования. Первичное обследование было проведено в период с 2013 по 2018 г., и далее проводились повторные обследования без четкой периодичности.

Расчет РУЗ проводился в несколько этапов на основании таблиц по группам заболеваний Руководства АМА. Базовый шаблон диагностической таблицы [9] является общим для каждой системы организма (табл. 1).

Таблица 1

Общий шаблон оценивания РУЗ

Класс	0	1	2	3	4
Диапазон рейтинга ущерба, %	0	Минимальный	Умеренный	Тяжелый	Очень тяжелый
Степень тяжести	–	(ABCDE)	(ABCDE)	(ABCDE)	(ABCDE)
История клинических проявлений	Нет текущих симптомов	Симптомы, контролируемые при непрерывном лечении	Постоянные легкие симптомы, несмотря на постоянное лечение	Постоянные средней тяжести симптомы, несмотря на постоянное лечение	Постоянные тяжелые симптомы, несмотря на постоянное лечение
Данные физикального обследования	Нет текущих знаков болезни	Физикальные данные отсутствуют при постоянном лечении	Постоянные легкие физикальные данные, несмотря на постоянное лечение	Постоянные средние физикальные данные, несмотря на постоянное лечение	Постоянные тяжелые физикальные данные, несмотря на постоянное лечение
Результаты объективных тестов	Тестирование в настоящее время нормальное	Стабильно нормальные при постоянном лечении	Стойкие легкие аномалии, несмотря на постоянное лечение	Стойкие средние аномалии, несмотря на постоянное лечение	Стойкие тяжелые аномалии, несмотря на постоянное лечение

В диагностических таблицах используются критерии для классификации большинства диагнозов, относящихся к определенному органу или части тела, по пяти классам тяжести нарушений функции: от класса 0

(нормальный) до класса 5 (очень тяжелый). Лица, у которых нет симптомов или ожидаемых будущих симптомов, относились к классу 0; пациенты с минимальными или периодическими умеренными симптомами – к классу 1; с постоянными симптомами, которые сохраняются, несмотря на лечение, – к классу 4. Промежуточные классы 2 и 3 предназначены для тех пациентов, симптомы которых находятся между крайними значениями в зависимости от степени тяжести.

Диапазон рейтинга ущерба по различным классам зависит от анализируемой группы заболеваний. Например, для болезней коронарных артерий диапазон РУЗ и степень тяжести (ABCDE) распределяется следующим образом (табл. 2):

Таблица 2

Класс	Диапазон, %	Степень тяжести, %				
		A	B	C	D	E
1	2–10	2	4	6	8	10
2	11–23	11	14	17	20	23
3	24–40	24	28	32	36	40
4	45–65	45	50	55	60	65

Процесс оценки включает следующие этапы:

1. Классификация состояний производилась на основе информации из выписных эпикризов углубленного медицинского обследования космонавтов, завершивших летную деятельность. Далее определялся диагноз в рамках группы заболеваний, который относили к определенному классу из пяти (от 0 до 4 в зависимости от тяжести поражения). Для этого в выбранных главах Руководства АМА, касающихся физиологических систем (систем органов) или патологических процессов, находили ключевой критерий для определения класса нарушения. Для большинства физиологических систем (например, центральная и периферическая нервная система, опорно-двигательная система) таким критерием является история клинических проявлений. Для сердечно-сосудистой, дыхательной и мочевыделительной систем используются результаты объективного тестирования в качестве ключевых критериев. Результаты физикального обследования применяются реже для определения класса нарушения функции.

На основе показателей, выявленных по ключевому критерию, определяли класс нарушения.

2. В соответствии с рекомендациями Руководства АМА по умолчанию выбиралась степень тяжести нарушения «С», которая находится в середине выбранного диапазона ABCDE.

3. Корректировка степени тяжести производилась с использованием показателей по неключевым факторам по правилам Руководства АМА.

4. Для получения окончательного показателя РУЗ объединялись оценки различных физиологических систем организма. При вовлечении нескольких

систем выбиралась оценка наиболее значительного (первичного) нарушения у человека, и оценивались другие нарушения в связи с ним. Связанные, но различные состояния оценивались отдельно, а рейтинги нарушений объединялись, за исключением случаев, когда критерии второго рейтинга нарушений были включены в первичный рейтинг [10].

Для объединения рейтингов нарушений, которые не дают вклад друг в друга, применялась следующая формула:

$$A + B(1-A),$$

где А и В – десятичные эквиваленты рейтингов нарушения для системы А и В соответственно.

Чтобы объединить три и более независимых значения нарушений, все рейтинги располагались в порядке убывания, затем выбирались два наибольших из всех значений, складывали их по данной формуле, получали объединенный результат, к которому затем прибавлялся следующий показатель в порядке уменьшения. Процесс повторялся многократно, при этом конечное значение в каждом случае было комбинацией всех предыдущих значений.

При расчете по диаграмме, приведенной в источнике [11], на каждом этапе процесса большее значение нарушения находилось сбоку от диаграммы. При получении дробных результатов, производилось округление до целых значений.

Выборка

В табл. 3 представлены значения основных статистических параметров выбранных характеристик внутри исследуемой выборки [4].

Таблица 3

Статистика общих данных по космонавтам ($n = 36$)

Показатель	Возраст, лет	ΔT , лет	Количество полетов	ОДП, сут	ВКД, ч
Среднее	65,6	22,3	2,4	280,4	13,8
Медиана	66,5	23,5	2	227,2	9,4
Стандартное отклонение	11,3	12	1,08	216,6	17,1
Минимум	45	2	1	2	0
Максимум	86	42	6	803,4	78,8

Результаты корреляционного анализа

В предыдущем исследовании [4] выдвинутая нами нулевая гипотеза состояла в том, что связи между состоянием здоровья, выраженными в РТБ и другими показателями (ОДП, ВКД, ΔT), отсутствуют. Альтернативная гипотеза

состояла в наличии связи между вышеупомянутыми показателями и состоянием здоровья, определенным по результатам экспертной оценки методом попарных сравнений. Теперь мы используем ту же гипотезу, только с РУЗ.

В качестве статистических методов применялся метод линейной корреляции Пирсона для нормальных распределений и метод ранговой корреляции Спирмена в остальных случаях. Для каждой выборки статистическая значимость была принята за 5 % ($\alpha = 0,05$). Проверка массивов данных для 36 космонавтов на нормальное распределение показала, что все независимые параметры, кроме ВКД, распределены нормально.

Коэффициенты корреляции (верхнее значение) и соответствующие значения статистической значимости (нижнее значение) приведены в табл. 4 для всех параметров сравнения. Интересующие значения выделены серым.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции и уровни значимости для РТБ и РУЗ

Параметры	Возраст	ΔT	ОДП	ВКД	РТБ	РУЗ
Возраст	1	0,92 <0,001	-0,47 0,004	-0,51 0,001	0,77 <0,001	0,71 <0,001
ΔT	0,92 <0,001	1	-0,57 <0,001	-0,55 <0,001	0,75 <0,001	0,67 <0,001
ОДП	-0,47 0,004	-0,57 <0,001	1	0,74 <0,001	-0,48 0,003	-0,38 0,023
ВКД	-0,51 0,001	-0,55 <0,001	0,74 <0,001	1	-0,68 <0,001	-0,51 0,002
РТБ	0,77 <0,001	0,75 <0,001	-0,48 0,003	-0,68 <0,001	1	0,9 <0,001
РУЗ	0,71 <0,001	0,67 <0,001	-0,38 0,023	-0,51 0,002	0,9 <0,001	1

Показатели РТБ и РУЗ являются зависимыми, а также не распределены нормально, для них получен высокий коэффициент корреляции 0,9 с хорошей статистической значимостью <0,001, что говорит о хорошей согласованности данных показателей между собой. Как результат, коэффициенты корреляции для РУЗ и независимых параметров близки к результатам, полученным для РТБ. Также стоит отметить, что РУЗ сохраняет тренд отрицательной корреляции для ОДП и ВКД, и статистическая значимость их ниже, чем у РТБ, но, тем не менее, не выходит за пороговое значение 0,05.

Результаты сравнения заболеваемости и РУЗ

При анализе оценки РУЗ было выявлено, что наиболее часто ущерб здоровью возникал вследствие заболеваний верхних отделов пищеварительного тракта.

Данные заболевания зафиксированы у 31 человека (86 % от наблюдаемого контингента). Наиболее часто диагностировались такие заболевания, как рефлюкс-эзофагит, гастрит, гастродуоденит. Средний РУЗ оценивался в 8,3 %. Без учета пациента с тяжелым заболеванием пищевода, ущерб здоровью которого от заболевания оценивался в 50 %, средний показатель тяжести по этой группе составил 6,9 %.

Второй группой по частоте встречаемости были космонавты с гипертонической болезнью – 26 человек (72 % от наблюдаемого контингента). Среднее значение РУЗ по этой группе составило 11,7 %.

Ишемической болезнью сердца страдали 20 человек (55 %). Средний рейтинг ущерба оценивался в 13 %.

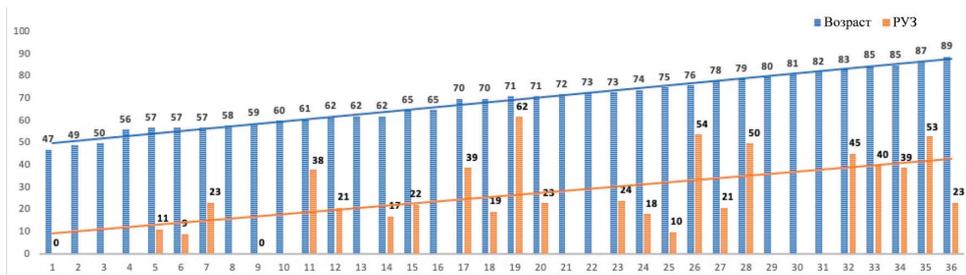
Клинически значимые аритмии регистрировались у 12 космонавтов (33 %). Среднее значение РУЗ составило 8,5 %.

Заболевания предстательной железы диагностировались у 24 человек (66 %) и были представлены в основном доброкачественной гиперплазией предстательной железы и успешно прооперированными раками простаты. Средний ущерб здоровью составил 4,9 %.

Остальные заболевания (клапанов сердца, верхних отделов мочевыводящего тракта, периферических сосудов, толстой кишки, печени и др.), которые наносили ущерб здоровью обследованных космонавтов, составляли единичные случаи.

Результаты статистического анализа

На диаграммах (рис. 1, 2) приведено сравнение РУЗ и возраста обследуемых космонавтов при первичном и последнем обследованиях соответственно. На рис. 1 представлены данные первичного обследования для всех 36 космонавтов.



Примечание: данные ранжированы по возрасту космонавтов для удобства сравнения

Рис. 1. Диаграмма сравнения РУЗ с возрастом при первичном обследовании

Диаграмма демонстрирует общую закономерность увеличения рейтинга ущерба здоровью с возрастом, на что указывает линия тренда. При этом наблюдаются отдельные случаи существенного отклонения от общей тенденции,

такие как у космонавта № 3 с показателем РУЗ 45 % в возрасте 50 лет, что может быть связано с индивидуальными особенностями здоровья или специфическими заболеваниями. Более типичным является случай космонавта № 33 в возрасте 81 года с показателем 88 %, что соответствует ожидаемому увеличению ущерба здоровью в преклонном возрасте.

Рис. 2 показывает динамику показателей при последнем обследовании и позволяет оценить изменения состояния здоровья космонавтов с течением времени.

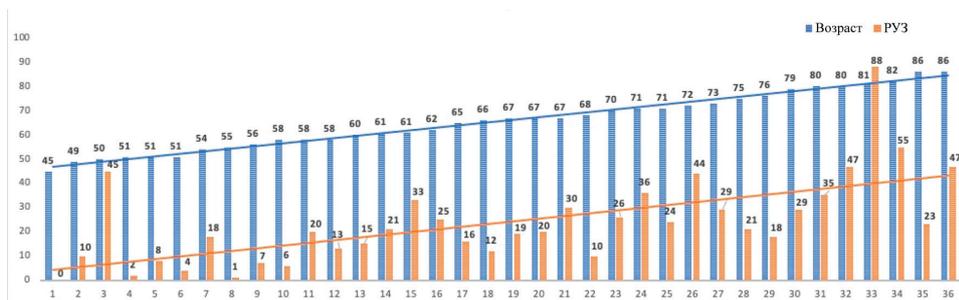


Рис. 2. Диаграмма сравнения РУЗ с возрастом при последнем обследовании

Сравнение двух диаграмм дает возможность проследить индивидуальную динамику показателя РУЗ для каждого космонавта. В большинстве случаев наблюдается закономерное увеличение РУЗ с возрастом. Однако в более молодом возрасте временные изменения состояния здоровья могут быть обратимыми и приводить к снижению РУЗ, как в случае с космонавтом № 8 (возраст – 55 лет, изначальный РУЗ – 1 %, через 4 года РУЗ = 0 %), что свидетельствует о выздоровлении или компенсации имевшихся нарушений.

Обсуждение

Основным отличием оценки состояния здоровья космонавтов с использованием РУЗ является использование объективных медицинских критериев для каждого человека в отдельности, не проводя попарного сравнения с другими. Это делает оценку более точной. Руководство АМА позволяет оценивать утрату здоровья с шагом 2–5 % [8], что достигается применением интегральной оценки данных анамнеза, физикального обследования и инструментальных исследований, то есть, по сути, данных углубленного медицинского обследования космонавтов, завершивших летную деятельность, в полном объеме. Эта оценка также не была лишена недостатков вследствие того, что не всегда в нашем распоряжении имелись результаты обследований, которые являются одними из «ключевых факторов» для оценки степени ущерба здоровью в соответствии с рекомендациями Руководства АМА. Так, при обследовании космонавтов с ишемической болезнью сердца при проведении

углубленного медицинского обследования редко использовалась коронарная ангиография, не использовалась оценка перфузии при сканировании или стресс-эхокардиографии, не использовалась оценка индекса коронарного кальция, не оценивалось максимальное потребление кислорода. При развитии метода оценки РУЗ в интересах количественной оценки здоровья космонавтов, завершивших летную деятельность, необходимо рассмотреть возможность коррекции программы углубленного медицинского обследования с учетом специфики нормативного регулирования медицинской деятельности в Российской Федерации.

В предыдущем исследовании мы анализировали структуру заболеваемости космонавтов согласно Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ). У всех 36 космонавтов были выявлены заболевания желудочно-кишечного тракта, а у 94,4 % были заболевания сердечно-сосудистой системы. Таким образом, сравнивая полученные результаты, мы видим, что промежуточные оценки РУЗ помогли более детально охарактеризовать встречающиеся патологии и позволили выявить, что заболевания могут быть дополнительно классифицированы по степени тяжести нарушения функции. Но есть и некоторые особенности системы оценки состояния здоровья. Например, по МКБ третье место (75 % или 27 человек) по распространенности делят между собой заболевания, относящиеся к дистрофическим и дегенеративным изменениям зрительного анализатора и заболевания органов дыхания. В то же время согласно Руководству АМА эти заболевания не приводят к существенному ущербу здоровью космонавтов (0–5 % нарушения), либо они легко устранимы. Поскольку для таких состояний руководство становится менее чувствительным инструментом, в дальнейшем необходимо разработать специальную шкалу оценки соответствующих состояний для возможности наблюдения их динамики и сохранения полноты медицинской информации.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что интегральный показатель РУЗ, основанный на Руководстве АМА, может успешно применяться для количественной оценки состояния здоровья космонавтов, завершивших летную деятельность.

Ключевым преимуществом разработанной методики является получение абсолютных воспроизводимых значений показателей здоровья, что позволяет проводить объективный мониторинг функционального состояния организма в динамике без необходимости пересчета ранее полученных данных при расширении выборки обследуемых. Многоуровневая структура оценки – по отдельным нозологическим группам, интегрально по физиологическим системам и по организму в целом – обеспечивает возможность как детального анализа специфических отклонений, так и получения обобщенной

характеристики клинико-функционального статуса космонавтов, завершивших летную деятельность.

Применение показателя РУЗ открывает новые возможности для изучения отдаленных эффектов влияния факторов космического полета на здоровье космонавтов-ветеранов. Стандартизированная количественная оценка позволяет выявлять минимальные функциональные нарушения на ранних стадиях и проследить их динамику в долгосрочной перспективе, что критически важно для понимания патофизиологических механизмов влияния условий космического полета на организм человека.

Перспективы дальнейших исследований включают накопление данных для последующих лонгитюдных исследований. При этом важно установление референсных значений показателя РУЗ для различных возрастных групп космонавтов, разработка прогностических моделей для оценки рисков развития различных заболеваний, а также адаптация методики для медицинского мониторинга действующих космонавтов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Баранов, М.В. Влияние общей продолжительности космических полетов на структуру заболеваемости и тяжесть течения болезней у космонавтов-ветеранов по результатам углубленного медицинского обследования / М.В. Баранов, Р.Р. Каспранский // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2023. – № 6(55). – С. 5–10.
Baranov, M.V. The Influence of the Total Duration of Space Flights on the Structure of Morbidity and Severity of Diseases in Veteran Cosmonauts Based on the Results of an in-Depth Medical Examination / M.V. Baranov, R.R. Kaspransky // *Aerospace and Environmental Medicine*. – 2023. – No 6(55). – P. 5–10 (in Russian).
2. Contrapositive Logic Suggests Space Radiation not Having a Strong Impact on Mortality of US Astronauts and Soviet and Russian Cosmonauts / R.J. Reynolds, I.V. Bukhtiyarov, G.I. Tikhonova [et al.] // *Scientific Reports*. – Vol. 9(1). – P. 8583.
3. Структура заболеваемости летчиков-космонавтов различных возрастных групп после завершения летной деятельности / С.Ю. Захаров, Е.А. Руденко, О.Н. Новикова, М.В. Баранов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2018. – № 3(52). – С. 38–41.
Zakharov, S.Y. Morbidity Structure of Pilot-Cosmonauts of Different Age Groups After Completion of Flight Activities / S.Y. Zakharov, E.A. Rudenko, O.N. Novikova, M.V. Baranov // *Aerospace and Environmental Medicine*. – 2018. – No 3(52). – P. 38–41 (in Russian).
4. Каспранский, Р.Р. Статистический анализ влияния отсроченных эффектов космического полета на здоровье космонавта / Р.Р. Каспранский, Е.Д. Фабер, И.В. Кошель // *Пилотируемые полеты в космос*. – 2025. – № 1(54). – С. 111–122.
Kaspransky, R.R. Statistical Analysis of the Influence of Delayed Effects of Space Flight on the Health of a Cosmonaut / R.R. Kaspransky, E.D. Faber, I.V. Koshel // *Manned Spaceflights*. – 2025. – No 1(54). – P. 111–122 (in Russian).

5. Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 6th Edition / R.D. Rondonelli [et al.]. – DOI: 10.1001/978-1-64016-282-2 // American Medical Association. – 2023. – P. 1–16. – URL: [https://ama-guides.ama-assn.org/ ... 2/9781640162822.xml](https://ama-guides.ama-assn.org/.../2/9781640162822.xml). – Published date: 2023.01.01.
6. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) // World Health Organization: [сайт]. – URL: <https://www.who.int/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health/> (дата обращения 27.10.2025).
7. Minard, C.G. Optimizing Medical Resources for Spaceflight Using the Integrated Medical Model / C.G. Minard, M.F. Carvalho, M.S. Iyengar // Aviation, Space, and Environmental Medicine. – 2011. – Vol. 82, No 9. – С. 890–894.
8. Интегральная оценка рейтинга ущерба здоровью космонавтов, завершивших профессиональную деятельность / Е.Д. Фабер, В.А. Яшина, И.И. Маркеев, Р.Р. Каспранский [и др.] // Материалы XVI Международной научно-практической конференции 3–5 декабря 2025 г. – Звездный городок: НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2025. – С. 347–349.
Integrated Assessment of Health Damage Rating of Retired Cosmonauts / E.D. Faber, V.A. Iashina, I.I. Markeev, R.R. Kaspranskiy [et al.] // Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference, December 3–5, 2025. – Star City: Yu.A. Gagarin Central Research Institute, 2025. – P. 347–349 (in Russian).
9. Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 6th Edition. Chapter 1. Conceptual Foundations and Philosophy / R.D. Rondonelli [et al.]. – DOI: 10.1001/978-1-64016-282-2 // American Medical Association. – 2023. – P. 1–16. – URL: [https://ama-guides.ama-assn.org/ ... 2/9781640162822.xml](https://ama-guides.ama-assn.org/.../2/9781640162822.xml). – Published date: 2023.01.01.
10. Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 6th Edition. Chapter 2. Practical Application of the Guides / R.D. Rondonelli [et al.]. – DOI: 10.1001/978-1-64016-282-2 // American Medical Association. – 2023. – P. 19–28. – URL: [https://ama-guides.ama-assn.org/ ... 2/9781640162822.xml](https://ama-guides.ama-assn.org/.../2/9781640162822.xml). – Published date: 2023.01.01.
11. Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 6th Edition. Appendix A. Combined Values Chart / R.D. Rondonelli [et al.]. – DOI: 10.1001/978-1-64016-282-2 // American Medical Association. – 2023. – P. 604–607. – URL: [https://ama-guides.ama-assn.org/ ... 2/9781640162822.xml](https://ama-guides.ama-assn.org/.../2/9781640162822.xml). – Published date: 2023.01.01.