



РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК



РОСКОСМОС

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«РОСКОСМОС»



КОМИССИЯ РАН
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО
НАСЛЕДИЯ ПИОНЕРОВ ОСВОЕНИЯ
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»



XLVII АКАДЕМИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ ПО КОСМОНАВТИКЕ

посвященные памяти академика С.П. Королёва
и других выдающихся отечественных ученых —
пионеров освоения космического пространства

Сборник тезисов

Москва, 24–27 января 2023 года

Том 4

XLVII ACADEMIC SPACE CONFERENCE

dedicated to the memory of academician S.P. Korolev
and other outstanding national scientists —
pioneers of space exploration

Abstracts

Moscow, 24–27 January 2023

Volume 4



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2023

УДК 629.78(063)

ББК 39.6

А38

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/8019/>

XLVII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика А38 С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 24–27 января 2023 года) : сборник тезисов : в 4 т. / Российская академия наук, Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023.

ISBN 978-5-7038-6053-3

Т. 4. — 439, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6124-0

В сборнике размещены материалы исследований актуальных проблем, относящихся к таким тематическим направлениям современной отечественной космонавтики, как научное наследие пионеров освоения космического пространства и конструкторские школы ракетно-космической техники; фундаментальные проблемы космонавтики и состояние развития отдельных ее направлений; место космонавтики в решении вопросов социально-экономического и стратегического развития современного общества; гуманитарные аспекты космонавтики; исследования по истории космической науки и техники. Перечисленные направления являются основой для формирования тематики секций по отдельным проблемам современной космонавтики.

Материалы представлены в форме тезисов докладов по тематике, являющейся предметом обсуждений в работе двадцати двух секций по соответствующим направлениям. В четвертый том вошли материалы секций 20–22.

УДК 629.78(063)

ББК 39.6

Издается в авторской редакции.

ISBN 978-5-7038-6124-0 (т. 4)

ISBN 978-5-7038-6053-3

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

УДК 617.75

Исследование зрительных функций до и после 8-месячной изоляции (проект SIRIUS 21-22)

Грачева Мария Александровна

mg.iitp@gmail.com

ГНЦ РФ — ИМБП РАН; Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича РАН

Казакова Анна Алексеевна

AnneKazakova@mail.ru

ГНЦ РФ — ИМБП РАН; Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича РАН

Белокопытов Александр Викторович

abelokopytov@gmail.com

Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича РАН

Подъянов Дмитрий Афонасьевич

podyanov75@mail.ru

ГНЦ РФ — ИМБП РАН

Манько Ольга Михайловна

olgamanko@list.ru

ГНЦ РФ — ИМБП РАН

Проведена оценка зрительных функций (остроты зрения, КЧСМ, аккомодации и цветовосприятия) до и после 8-месячной изоляции в Медико-техническом наземном экспериментальном комплексе ИМБП РАН в рамках проекта SIRIUS 21-22. Показано небольшое повышение КЧСМ после изоляции (изменения на уровне статистической тенденции, критерий Стьюдента $t(59) = -1,899$, $p = 0,062$), согласующееся с данными, полученными в рамках 4-месячной изоляции. Анализ остроты зрения для близи показал среднее ухудшение показателя на 0,1 дес.ед. (изменения на уровне статистической тенденции, критерий Уилкоксона, $Z = 1,683$, $p = 0,092$). Изменение остроты зрения для близи согласовывалось с повышением частоты микрофлуктуаций аккомодации после изоляции. Изменения цветовосприятия были показаны только у одного испытуемого по желто-синей оси измерений. Изоляционный эксперимент позволил провести оценку чувствительности зрительной системы и выявить степень колебаний ее функциональных показателей у человека в условиях длительной изоляции в гермообъекте, частично имитирующей условия космического полета.

Ключевые слова: космическая медицина, зрение космонавтов, SANS/VIIP, зрительное восприятие

Введение

С увеличением длительности космических полетов все чаще появляются упоминания о возникновении ассоциированного с космическими полетами нейро-окулярного синдрома SANS (Space-Associated Neuro-ocular Syndrome) [1–3]. Основными субъективными симптомами являются ухудшение зрения вблизи и искажение видимой сцены. При приборной диагностике могут выявляться уплощение глазного яблока, хориоретинальные складки, отек зрительного нерва и другие изменения. Механизм возникновения синдрома SANS до сих пор не известен. Исследования синдрома активно проводятся не только в космосе, но и в модельных экспериментах.

Проект SIRIUS — международный исследовательский проект по изучению работоспособности человека в условиях изоляции длительных пилотируемых косми-

ческих полетов, проводимый на базе ИМБП РАН. В серии экспериментов разной длительности группы добровольцев оказываются в наземных условиях в изолированной среде Медико-технического Наземного Экспериментального Комплекса (НЭК) ИМБП РАН. Условия изоляции имитируют режим дня, условия освещения и стрессовые условия космических полетов. В данной работе представлены результаты оценки зрительных функций в проекте SIRIUS 21-22.

Цель — оценить зрительные функции (остроту зрения, КЧСМ, аккомодацию и цветовосприятие) до и после 8-месячной изоляции в Медико-техническом Наземном Экспериментальном Комплексе ИМБП РАН в рамках проекта SIRIUS 21-22.

Материалы и методы

В анализ были включены данные 5 добровольцев (3 мужчины, 2 женщины, средний возраст \pm стандартное отклонение $35 \pm 5,5$ лет), прошедших специальный медицинский и психологический отбор.

Оценку остроты зрения (ОЗ) проводили для близи (0,5 м) и для дали (4 м). Измерения проводились в условиях стандартного окружающего освещения (около 300 Лк). Для оценки использовались трехполосные оптоотипы и лестничный алгоритм поиска порога. Оценка проводилась при помощи компьютерной программы «ТИП-ТОП» (Россия), для демонстрации стимулов использовался смартфон Samsung Galaxy с размером пикселя 0.004 мм.

Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) оценивалась для красного цвета, монокулярно (для каждого глаза), прибором КЧСМ-Ц (Россия) с диапазоном частоты мельканий от 0 до 60 Гц. Непрозрачный раструб прибора ограничивает внешнее поле зрения во время процедуры. Оценку проводили три раза по возрастанию и три раза по убыванию частоты мельканий для каждого глаза.

Аккомодационная функция оценивалась в условиях пошагового увеличения нагрузки от уровня базовой рефракции. Оценивался как общий аккомодационный ответ, так и частота микрофлуктуаций аккомодации. Оценка проводилась авторефрактометром с функцией аккомодографии Righton Speedy-i (Япония).

Цветовосприятие оценивалось бинокулярно комплексом CAD (Великобритания) по методике вынужденного выбора из 4 вариантов (4AFC). Пороги измеряются по 16 направлениям в равнояркостной плоскости цветового пространства xY , направления сгруппированы для оценки чувствительности красно-зеленого и желто-синего цветовых каналов. Измерения проводились один раз до и один раз после 8 месяцев изоляции.

Результаты

По показателю КЧСМ было обнаружено небольшое изменение на уровне статистической тенденции (крит. Стьюдента $t(59) = -1,899$, $p = 0,062$), ср.знач. до и после — $47,3 \pm \pm 0,85$; $48,4 \pm 0,65$, медианы — 48 и 49 соответственно. Данный результат согласуется с изменениями показателя КЧСМ в предыдущем 4-месячном эксперименте [4], где было обнаружено статистически значимое повышение показателя (на 2,5 по разности медиан).

Сравнение ОЗ до и после изоляции проводили по тесту Уилкоксона. Анализ не показал значимых изменений ОЗ для дали ($Z = 0,255$, $p = 0,799$). При анализе значений ОЗ для близи было показано, что различия достигают уровня статистической тенденции ($Z = 1,683$, $p = 0,092$): после изоляции средняя ОЗ снизилась на 0,1 дес. ед.

(т. е. примерно на 1 строку). Поскольку в данном случае выборка была мала, отсутствие статистической значимости может быть связано с недостаточной мощностью критерия. Снижение ОЗ для близи может быть связано с изменениями аккомодационной функции.

Индивидуальный анализ данных аккомодограмм и сопоставление данных ОЗ и аккомодации показали, что для случаев снижения ОЗ для близи характерно повышение частоты микрофлуктуаций. Для одного из добровольцев аккомодационный ответ был слабо выражен и до, и после изоляции, что часто связано с ослабленной аккомодационной функцией, при которой высокие частоты микрофлуктуаций не проявляются. Для этого испытуемого ОЗ для 0.5 м имела разные направления изменения для правого и левого глаза.

Изменение цветовосприятия было обнаружено только у одного испытуемого: пороги по желто-синей оси значимо вышли и за рамки возрастной нормы, и за рамки значений, полученных до начала изоляционного эксперимента (причем в большей степени – по направлению возрастания оси y в плоскости xu). У остальных испытуемых данной группы пороги остались в рамках нормы, значимых изменений в сравнении с фоновыми значениями показано не было.

Обсуждение

Изоляционный эксперимент позволил провести оценку чувствительности зрительной системы и выявить степень колебаний ее функциональных показателей у человека в условиях изоляции в гермообъекте по сравнению с естественными условиями жизнедеятельности. В рамках эксперимента оценивались аккомодация, острота зрения, критическая частота слияния мельканий и цветовосприятие.

По показателям ОЗ были выявлены изменения (ухудшение) для зрения вблизи, что при индивидуальном экспертном анализе было согласовано с показателями аккомодограмм. Изменения носили характер статистической тенденции, что может быть связано с недостаточной мощностью критериев из-за малого размера выборки, поэтому для подтверждения эффектов требуются дополнительные исследования.

По показателю КЧСМ было выявлено небольшое повышение на уровне статистической тенденции. Полученные данные подтверждают данные 4-месячной изоляции о возможном повышении показателя. В 4-месячном эксперименте возможный эффект обучения пытались компенсировать наличием контрольной группы. В 8-месячном эксперименте попытались компенсировать эффект обучения сокращением числа измерений. Несмотря на различия дизайна эксперимента оба этапа показали одинаковую тенденцию изменения показателя КЧСМ. В 4-месячном эксперименте эффект достиг уровня статистической значимости, в 8-месячном — только уровня статистической тенденции, что может быть связано с уменьшенным объемом выборки. Тем не менее для подтверждения эффекта требуются дополнительные исследования.

Результаты проведенного в рамках эксперимента SIRIUS 21-22 исследования позволили получить данные комплексного обследования зрительной системы испытуемых, находящихся в уникальных условиях многофакторного влияния экстремальной среды 8-месячной изоляции в Наземном Экспериментальном Комплексе ИМБП РАН.

Работа выполнена в рамках научной темы ГНЦ РФ ИМБП РАН 63.2.

Литература

- [1] Lee A.G., Mader T.H., Gibson C.R., Tarver W., Rabiei P., Riascos R. F., Galdamez L.A., Brunstetter T. Spaceflight associated neuro-ocular syndrome (SANS) and the neuro-ophthalmologic effects of microgravity: a review and an update. *Npj Microgravity*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41526-020-00114-8>
- [2] Lee A.G., Mader T.H., Gibson C.R., Brunstetter T.J., Tarver W.J. Space flight-associated neuro-ocular syndrome (SANS). *Eye*, 2018, vol. 32, no. 7, pp. 1164–1167. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0070-y>
- [3] Mader T.H., Gibson C.R., Miller N.R., Subramanian P.S., Patel N.B., Lee A.G. An overview of spaceflight-associated neuro-ocular syndrome (SANS). *Neurology India*, 2019, vol. 67, no. S2, pp. 206–211.
- [4] Manko O.M., Gracheva M., Rozhkova G., Smoleevsky A.E., Vasilyeva N.N. Assessment of visual functions during a 4-month isolation in the SIRIUS-19 project. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2021, vol. 55, no. 1/1 special issue, p. 90.