

На правах рукописи

КОРОЛЕВА Марина Викторовна

**ПОЛЕТНЫЙ МОНИТОРИНГ
РЕЖИМА ТРУДА И ОТДЫХА КОСМОНАВТОВ:
РАБОЧАЯ ЗАНЯТОСТЬ И РАСПОРЯДОК СНА**

3.3.7 – Авиационная, космическая и морская медицина

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук**

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук.

Научный руководитель: Доктор медицинских наук, профессор **Степанова Светлана Ивановна**

**Официальные
оппоненты:**

Глухов Дмитрий Валерьевич, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий Лабораторией физиологии труда и профилактической эргономики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измерова» (ФГБНУ «НИИ МТ).

Горнов Сергей Валерьевич, доктор медицинских наук, доцент, заведующий научно-организационным отделом – Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (ВМА)

Защита диссертации состоится « » 202 г. в часов на заседании диссертационного совета 24.1.023.01 в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ-ИМБП РАН) по адресу: 123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНЦ РФ-ИМБП РАН и на сайте <http://www.imbp.ru/WebPages/win1251/Science/DisserSov/Koroleva2025/Koroleva-dis.pdf>

Автореферат разослан « » 202 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

С.В.Поддубко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Рациональная организация труда и отдыха помогает человеку поддерживать здоровье и работоспособность, а нерациональная, наоборот, приводит к ухудшению здоровья и снижению работоспособности. В отечественной медицине труда сочетанные оценки режима труда и отдыха (РТО) по основным показателям работоспособности – интенсивности трудового процесса, продолжительности рабочего дня и рабочей недели – должны занимать важное место в профилактике утомления, перенапряжения и развития профессиональных заболеваний. Эффективность этой работы обеспечивается ее построением на хронобиологическом научном фундаменте (Сорокин Г.А., 2019).

По свидетельству В.В.Матюхина (1998), исследования интенсивности трудового процесса представляют одно из основных научных направлений в физиологии труда.

Не меньшее значение для поддержания работоспособности и здоровья имеет обеспечение достаточного отдыха. Как подчеркивает Г.А.Сорокин (2019), постоянный дефицит отдыха, возникающий в условиях физиологически неадекватного РТО, является источником риска хронического утомления и профессионально обусловленных нарушений здоровья. В настоящее время в Международной классификации болезней МКБ-10 дефицит отдыха квалифицируется как самостоятельный фактор риска здоровью человека.

Общим требованием к рациональному РТО является соответствие физиологическим потребностям и функциональным возможностям организма. С точки зрения хронобиологии нарушение этого требования создает опасность развития десинхроноза – болезненного состояния, обусловленного нарушением взаимной согласованности жизненных процессов – и повышают риск хронического утомления (переутомления) с ухудшением концентрации и переключения внимания, снижением памяти. Симптоматика десинхроноза включает ухудшение сна (сокращение продолжительности и снижение качества); сонливость в рабочее время; быструю утомляемость; падение работоспособности; возможно также обострение скрыто протекающих заболеваний, а в случае хронического десинхроноза – развитие первичной патологии в виде гастро- и кардионеврозов, язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и желудка.

Одним из направлений медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов является мониторинг РТО членов экипажей, нацеленный на своевременное выявление и устранение предпосылок нарушений здоровья и работоспособности, скрытых в особенностях жизненного распорядка и сопряженных с риском развития десинхроноза. Такими предпосылками служат отклонения от действующих требований к организации труда и отдыха человека в космосе. Эти требования, основанные на разработках отечественных и зарубежных специалистов (Алякринский Б.С., 1975; 1983; Степанова С.И., 1977; Лицов А.Н., Сараев И.Ф., 1980; Лицов А.Н., Булыко В.И., 1983; Мясников В.И. и др., 2000; Романов А.И., Решетняк В.К., 2003; Вудсон У., Коновер Д., 1968; Aschoff J., 1974 и др.), закреплены в полетной документации Международной космической станции (МКС). Главными из них являются: стабильный 24-часовой ритм сна-бодрствования; продолжительность ночного сна не менее 8,5 часов; длительность рабочего дня (работ с системами и полезной нагрузкой МКС) не свыше 6,5 часов; 5-дневная рабочая неделя с двумя днями отдыха.

Практическая реализация указанных требований год от года становится, с одной стороны, всё труднее, а с другой стороны, всё важнее. Это объясняется, во-первых, увеличением продолжительности орбитальных космических экспедиций до 1 года, в связи с чем повышается вероятность развития у космонавтов не только хронического десинхроноза, но и психической астенизации, и во-вторых, старением станции и ее систем с сопутствующим ростом объемов работ по ее техническому обслуживанию. В таких условиях проведение мониторинга РТО в современных орбитальных полетах является особенно актуальным. Что касается будущих межпланетных полетов на Луну и Марс, следует ожидать, что там космонавты столкнутся с еще большими трудностями поддержания

рационального РТО, связанными с необычной свето-темновой обстановкой и напряженной работой в период осуществления этих экспедиций. Поэтому есть все основания считать, что мониторинг РТО и в дальнейшем будет оставаться актуальным звеном системы медицинского обеспечения здоровья и работоспособности участников околоземных орбитальных и межпланетных полетов. В нашей стране такая система была создана в 60-80-е гг. XX столетия. Ее направленность – профилактика неблагоприятного действия факторов и условий космического полета (в том числе, иррационального РТО) на организм космонавтов. Эта система себя полностью оправдала и позволила выполнить полеты, рекордные по длительности пребывания человека в космосе. Однако основывать систему медицинского обеспечения перспективных космических программ на достижениях 80-90-х гг. прошлого века невозможно (Каспранский Р., 2023). Что касается полетного мониторинга РТО, необходимо раскрытие его новых информационных возможностей с переходом от групповых (поэкипажных) к персональным оценкам особенностей профессионального поведения космонавтов, позволяющим использовать индивидуальные подходы к поддержанию здоровья и устойчивой работоспособности участников космических экспедиций и определять личный вклад каждого из них в выполнение полетной программы.

Степень разработанности проблемы

На основе многолетних исследований отечественных специалистов Б.С.Алякринского (1975, 1983), А.Н.Лицова и др. (1980,1983), В.И.Мясникова и др. (2000), С.И.Степановой (1977) и их коллег были сформулированы требования к рациональной организации труда и отдыха человека в космосе. Сегодня эти требования закреплены в действующей полетной документации. Их выполнение контролируется в процессе мониторинга режима труда и отдыха (РТО) российских космонавтов. Важность осуществления такого мониторинга во многом обусловлена экстремальным характером полетной ситуации, создающей многообразные физиологические и психологические проблемы с сохранением здоровья и работоспособности космонавтов (Arone A. et al., 2021; Bin Wu et al., 2018; Flynn-Evans E.E. et al., 2016, 2020; Furukawa S. et al., 2020; Gupta U. et al., 2023; Hupfeld K.E. et al., 2020, 2021; Lee J.K. et al., 2019, 2021; Maki R.A. et al., 2022; Marazziti D.F. et al., 2022; Oluwafemi A. et al., 2021; Tu D. et al., 2022; Zivi P. et al., 2020 и др.).

Традиционный подход к анализу результатов полетного мониторинга РТО строится на основе поэкипажных количественных оценок рабочей занятости космонавтов и особенностей их распорядка сна (Бирюков Е.Н. и др., 1986; Мясников В.И. и др., 2000; Степанова С.И. и др., 2011). Персональные оценки такого рода не используются из-за отсутствия технологии получения нужной информации.

Результаты исследований, выполненных в космических полетах (Мясников В.И. и др., 1986, 2000; Нестеров В.Ф. и др., 2016), показывают, что нарушения требований к РТО сопровождаются жалобами космонавтов на усталость, ухудшение сна, сонливость в рабочее время, невозможность полноценно выполнять физические тренировки. Установлено (Нечаев А.П. и др., 2019), что в связи с этим происходит повышение частоты ошибочных действий, допускаемых в процессе выполнения профессиональных операций.

С медицинской точки зрения особенно важно то, что условия космического полета провоцируют развитие синдрома психической астенизации космонавтов (Мясников В.И. и др., 1986; Александровский Ю.А., Новиков М.А., 1997; Богдашевский Р.Б., 1997; и др.), но патогенез этого синдрома изучен еще не полностью.

В преддверии осуществления межпланетных полетов к Луне и Марсу приобретает высокую актуальность разработка вопросов, касающихся организации труда и отдыха космонавтов, с учетом рисков, сопутствующих таким полетам (Рюмин О.О., Бубеев Ю.А., 2021), в том числе, опасности развития психической астенизации и десинхроноза (Коротеев А.С., 2006). Есть основания полагать, что успешность длительных космических экспедиций будет зависеть, помимо прочего, от четкой организации мониторинга индивидуального и группового поведения, сна и работоспособности членов экипажей (Степанова С.И. и др. 2000; Pagnini F. et al., 2023).

Всё сказанное определяет тематическое содержание, объект, предмет, цели и задачи исследования.

Цель и задачи исследования

Целью работы является повышение эффективности медицинского сопровождения длительных пилотируемых космических миссий путем минимизации профессиональных рисков, связанных с отклонениями от требований к рациональной организации труда и отдыха космонавтов.

Для достижения этой цели важно было решить следующие задачи.

1. Разработать системный хронобиологический подход к количественному анализу профессиональной занятости космонавтов в ходе полета:
 - a. выделить репрезентативные показатели занятости;
 - b. определить последовательность вычислительных операций;
 - c. создать табличный формат представления результатов.
2. Рассчитать индивидуальные хронобиологические показатели рабочей нагрузки российских членов экипажей МКС на основе разработанной схемы количественного анализа материала.
3. Обобщить объективные и субъективные данные об особенностях распорядка сна (показателях физиологически неадекватного режима деятельности) российских членов экипажей МКС с оценкой влияния условий полета на длительность и эффективность сна.

Научная новизна результатов исследования

1. Разработана методика расчета индивидуальных объемов рабочей занятости участников космических полетов с использованием хронобиологического подхода.
2. Впервые установлено, что в период с 2009 года по 2020 год российские члены экипажей МКС систематически выполняли сверхнормативные работы, одной из ведущих причин которых было хронодефицитное планирование.
3. Обоснована необходимость считать сверхнормативные рабочие нагрузки систематического характера одним из факторов, провоцирующих развитие «космического» синдрома психической астенизации.

Теоретическая значимость работы.

1. Установлено, что использование хронобиологического научного фундамента в качестве основы построения и анализа полетного РТО космонавтов обеспечивает выявление неблагоприятных факторов трудового процесса – сверхнормативных рабочих нагрузок и дестабилизации распорядка сна-бодрствования.
2. Расширены концептуальные представления о «космическом» синдроме психической астенизации, что способствует лучшему пониманию движущих сил его происхождения и развития.
3. Показано, что индивидуальные объемы внеплановой занятости членов экипажей формируются на основе интегрального влияния внутренне присущих психологических установок и ситуационно обусловленных особенностей поведения.

Практическая значимость работы.

1. Разработана технология ретроспективного анализа данных полетного мониторинга РТО на основе объективных количественных оценок рабочей занятости космонавтов, позволяющая избегать ошибок, связанных с субъективным характером экспертных заключений. Вновь созданная технология определяет последовательность вычислительных операций и особенности табличного формата представления результатов. Ее преимущество состоит в том, что, наряду с традиционными по экипажным оценкам, она предусматривает использование персонифицированных данных и тем самым способствует не только выявлению особенностей РТО каждого члена экипажа, но и лучшему пониманию его профессионально значимых особенностей поведения в составе группы.

Технология персональных оценок РТО позволила:

- получить индивидуальные оценки ежедневной рабочей занятости российских членов экипажей МКС по показателям плановой, внеплановой и сверхнормативной нагрузки;
- выявить среди космонавтов лиц, устойчиво мотивированных на работу в выходные дни и тем самым сознательно пренебрегающих субботным и воскресным отдыхом, что может приводить к развитию хронического утомления;
- оценить индивидуальные особенности профессионального поведения космонавтов с точки зрения готовности к инициативному принятию на себя внеплановой работы, что полезно учитывать в процессе комплектования экипажей;
- показать отсутствие связи индивидуальных объемов плановой и внеплановой занятости с функциональной ролью космонавта в экипаже.

2. Показано, что негативные последствия сдвигов сна к дневному времени (ухудшение самочувствия и снижение работоспособности), как правило, становятся ощутимыми, т.е. субъективно воспринимаются, только тогда, когда эти сдвиги не ограничиваются одними единственными сутками, а происходят на протяжении трех и более суток подряд. По-видимому, это связано с накоплением негативных эффектов дестабилизации ритма сна-бодрствования. Поэтому на практике надо стремиться к тому, чтобы сдвиги сна не воспроизводились последовательно, день за днем, а осуществлялись дискретно и как можно реже.

3. Рассмотрены вопросы организации труда и отдыха космонавтов в процессе осуществления межпланетных экспедиций. Сформулированы рекомендации к построению РТО участников полетов по лунной программе.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования.

Методологической основой работы является концепция универсальности феномена ритма в области органического и неорганического мира, основанная на систематизации фактов, накопленных в научной литературе. В русле этой концепции организм человека, рассматривается как система взаимосвязанных ритмических процессов с различными частотами, в том числе, имеющих околосуточную (циркадианную) периодичность, сформированную в процессе биологической эволюции и закрепленную на генетическом уровне.

Теоретической основой настоящего исследования является положение, согласно которому четкое, слаженное взаимодействие всех звеньев циркадианной системы обеспечивает здоровье и работоспособность человека, в то время как нарушение этой слаженности (десинхронизация) оказывает неблагоприятное влияние на функциональное состояние организма вплоть до развития болезни десинхронизации (десинхроноза) и астенического синдрома. Как утверждал Клод Бернар, дезорганизация изнашивает живую материю. Экспериментально установленные трудности адаптации к измененным ритмам сна-бодрствования укрепили доказательную базу рационального планирования труда и отдыха космонавтов в том, что их жизненный распорядок должен строиться на основе 24-часовой продолжительности суточного цикла с регулярным чередованием периодов сна и бодрствования. Поддержание такой регулярности обеспечивает устойчивость циркадианной системы организма и тем самым способствует сохранению здоровья и работоспособности человека в любых условиях, в том числе, в космическом полете. При этом важно учитывать представленные в литературе требования к регламентации длительности рабочего дня и обеспечению достаточной продолжительности ночного сна.

Эмпирическая сторона исследования опирается на имеющийся опыт анализа данных полетного мониторинга РТО, а также на разработанные автором собственные методические приемы такого анализа.

Положения, выносимые на защиту

1. Полетный мониторинг РТО служит эффективным инструментом выявления избыточных рабочих нагрузок и отклонений от штатного распорядка сна-бодрствования, с их сопровождением в виде субъективных свидетельств утомления, ухудшения сна и снижения

работоспособности, позволяет оценить частоту, степень выраженности и регулярность этих проявлений, выяснить их причинно-следственную связь с конкретными полетными ситуациями и в конечном счете – рекомендовать адекватные меры, направленные на поддержание здоровья и работоспособности членов экипажей.

2. Сокращение численности экипажа с 3 чел. до 2 чел. сопровождается статистически значимым увеличением ежедневного объема работы, рассчитанного на 1 космонавта, по показателю внеплановой занятости более чем в 3 раза, а по показателю сверхнормативной занятости – в среднем в 4 раза (от 30 минут до 2-х часов), что увеличивает риск хронического утомления.

3. Одна из ключевых проблем организации труда и отдыха космонавтов состоит в больших объемах внеплановых работ, следствием чего является систематическая сверхнормативная занятость членов экипажей, которая формируется главным образом за счет внеплановой деятельности. Поэтому низкие объемы планирования не гарантируют освобождения от сверхнормативных работ.

4. Причиной игнорирования потребности в отдыхе для поддержания рабочего ресурса организма у 25% космонавтов является приоритетная мотивация на выполнение профессиональной деятельности и сознательное пренебрежение отдыхом, что необходимо учитывать в процессе комплектования экипажей..

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность научных положений диссертации обеспечивается опытом работы ее автора в качестве эксперта в области полетного мониторинга РТО, в частности: получения исходных данных, составления экспертных заключений и ретроспективного анализа результатов; обоснованностью теоретико-методологических подходов к проблеме научной организации труда и отдыха космонавтов; высокой содержательной насыщенностью и большим объемом базы данных; детальным и многосторонним анализом материала с применением адекватных статистических методов; использованием полученных результатов в практике медико-психологического обеспечения полетов МКС; научной апробацией исследования.

Основные положения, результаты исследований и выводы докладывались и обсуждались на следующих научно-информационных мероприятиях:

XVI Конференция по космической биологии и медицине с международным участием, школа молодых ученых. Москва, 5-8 декабря 2016 г.

V Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы психологического сопровождения профессиональной и учебно-профессиональной деятельности». Коломна, 9-13 апреля 2019 г.

XIII Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос». Звездный городок, 13-15 ноября 2019 г.

XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П.Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства. Москва, 30 марта – 1 апреля 2021 г.

XIV Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос». Звездный городок, 17-19 ноября 2021 г.

Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 25-летию кафедры военной психофизиологии Военно-медицинской академии «Психофизиология профессионального здоровья человека». СПб, 30 ноября 2022 г.

Материалы диссертации обсуждались на заседании отдела психологии, нейрофизиологии и психофизиологии деятельности операторов Государственного научного центра Российской Федерации Института медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ ИМБП РАН).

Результаты отражены в 2 научных отчетах: СЧ НИР «Авангард-технология-ИМБП-2020», инв. № О-4303; СЧ НИР «Пастораль-1-Риски-ИМБП», инв. № О-4304.

Публикации по теме диссертации

По результатам диссертационного исследования опубликовано 18 печатных работ, из которых 8 печатных работ в отечественных и зарубежных научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК (K1 и K2), Scopus и Web of Science, 10 тезисов в материалах конференций.

Связь работы с научными программами

Работа выполнена в рамках Программы Фундаментальных научных исследований РАН FMFR-2024-0034.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов и практических рекомендаций, списка использованной литературы (156 наименований, из них 71 на русском языке и 85 на иностранных языках). Объем диссертации – 189 страниц, текст иллюстрирован 22 таблицами, и 34 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Рассмотрены данные 37 орбитальных экспедиций МКС в составе 2-х и 3-х человек (соответственно 11 и 26 экспедиций) в период с 2009 по 2020 годы. В экспедициях приняли участие 29 космонавтов, причем большинство из них были участниками нескольких (от 2 до 6) экспедиций. Длительность экспедиций варьировалась в пределах от 25 до 141-х суток.

В основу исследования были положены данные полетного мониторинга РТО космонавтов, полученные специалистами Группы медицинского обеспечения полетов (ГМО), действующей на базе московского Центра управления полетами. В процессе мониторинга ежедневно регистрировались плановые и фактические объемы рабочей занятости; смещения периода сна к необычному времени суток (сдвиги сна), их величина, направление и причины; сообщения о нарушениях сна и их возможных причинах, поступающие от космонавтов; учитывались также жалобы космонавтов на ухудшение самочувствия, утомление и снижение работоспособности. При этом использовались данные текущей полетной документации (Основные правила и ограничения исполнительного планирования для экспедиций на МКС; Требования к планированию РТО космонавтов в полетах на МКС; План полета; Детальный план; Форма 24; Архив отработанных суток) и радиопереговоров по каналу связи «борт-Земля», информация врача экипажа и психологов сопровождения экипажа. Результаты ежедневных наблюдений суммировались в еженедельных заключениях, завершаемых общим выводом о возможности продолжения полета. После завершения полетов проводились собеседования (брифинги) космонавтов с наземными специалистами, в которых принимали участие и сотрудники ГМО. Эти встречи служили дополнительными источниками информации о прошедшем полете, в том числе, об особенностях РТО.

В данной работе было проанализировано 421 еженедельное заключение и 29 послеполетных брифингов.

Для оценки рабочей занятости космонавтов использовались данные еженедельных заключений по результатам ежедневного мониторинга РТО.

Были выделены следующие репрезентативные показатели рабочей занятости:

индивидуальный объем плановой занятости – количество рабочего времени, запланированного на выполнение полетных заданий;

индивидуальный объем внеплановой занятости – количество времени, затраченного на выполнение внеплановых работ. Данные о внеплановых работах космонавты передавали с борта в текущем режиме;

индивидуальный объем общей (суммарной плановой и внеплановой) занятости;

индивидуальный объем сверхнормативной занятости – общей занятости минус нормативный резерв рабочей занятости.

Недельный нормативный резерв рабочей занятости рассчитывался на основе нормативных лимитов занятости, предусмотренных полетными документами (нормативные лимиты занятости – постоянные величины, закрепленные в полетной документации: 6,5 ч в рабочий день и 1 ч в день отдыха; кроме того – 7-дневная календарная неделя с 5 рабочими и соответственно – с 2 выходными днями).

Расчет нормативного резерва рабочей занятости выполняли следующим образом. Если неделя состояла из 5 рабочих и 2 выходных дней, объем работ в счет норматива в рабочие дни составлял $6,5 \text{ ч} \times 5 = 32,5 \text{ ч}$, а в дни отдыха $1 \text{ ч} \times 2 = 2 \text{ ч}$. Таким образом, суммарная нагрузка, соответствующая нормативному резерву недели, составляла $32,5 \text{ ч} + 2 \text{ ч} = 34,5 \text{ ч}$. Но были случаи, когда неделя содержала 4 рабочих и 3 выходных дня. В таком варианте показатель общей нормативной нагрузки в рабочие дни составлял $6,5 \text{ ч} \times 4 = 26 \text{ ч}$, а в дни отдыха 3 ч, и в итоге суммарная величина недельного нормативного резерва составляла $26 \text{ ч} + 3 \text{ ч} = 29 \text{ ч}$. Если же неделя состояла из 3 рабочих дней и 4 дней отдыха (такие случаи не часто, но все же встречались), нормативный резерв рабочей занятости составлял $6,5 \text{ ч} \times 3 + 1 \text{ ч} \times 4 = 23,5 \text{ ч}$. Из сказанного понятно, что недельный нормативный резерв рабочего времени – переменная величина, зависящая от соотношения количества рабочих и выходных дней в рамках конкретной полетной недели.

Данные рассматривали отдельно для рабочих дней и дней отдыха.

В целях систематизации собираемого материала был разработан бланк-формат, ориентированный на 1 полетную неделю и представленный ниже в виде заполненного образца (рисунок 1). Бланк-формат позволял упорядочить информацию и выполнить ее первичную обработку, соблюдая определенную последовательность вычислительных операций.

В пояснение к представленному бланк-формату отметим, что самостоятельной экспедицией считался полет экипажа неизменного персонального состава. Российскими участниками рассмотренных в данной работе экспедиций были командир экипажа (КЭ) и 1 или 2 бортинженера (БИ).

В процессе работы с материалом содержание еженедельных бланк-форматов распределялось по 10 таблицам, в которых полученные данные обобщались за полет в целом.

При анализе особенностей распорядка сна учитывали ежедневную информацию о времени отхода ко сну и подъема; величину и направление смещений (сдвигов) периода сна относительно его штатного расположения на суточной шкале; особенности посуточной реализации сдвигов сна (один раз в несколько дней, либо день за днем на протяжении нескольких суток подряд); интервалы между двумя последовательными эпизодами сдвига сна (частоту сдвигов); общее количество сдвигов сна на протяжении полета; причины сдвигов сна. Наряду с этим учитывали субъективные оценки качества и продолжительности сна, сообщаемые космонавтами на протяжении полета и после его завершения; информацию космонавтов о фактах запаздывания с отходом ко сну; особенности самочувствия, сопутствующие сдвигам сна; наличие незапланированных эпизодов дневного сна.

Полученные данные подвергали статистической обработке с использованием корреляционного анализа, полиномиальной аппроксимации кривых и оценки степени достоверности различий средних величин методами параметрической и непараметрической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Рабочая занятость членов экипажей

На рисунках 2-5 представлена многолетняя динамика расчетных показателей занятости, характеризующих объем работы 1 члена экипажа в среднем за 1 полетный день: общего (суммарного) объема плановой и внеплановой занятости (рисунок 2), объема плановой занятости (рисунок 3), объема внеплановой занятости (рисунок 4) и объема сверхнормативной занятости (рисунок 5). Как следует из этих рисунков, очевидная

тенденция, наблюдаемая в динамике трех показателей (суммарной, внеплановой и сверхнормативной занятости), состоит в том, что конечные фрагменты кривых, сформированные данными 9 последних полетов, отмечены существенным возрастанием ежедневной рабочей нагрузки космонавтов по сравнению с тем, что наблюдалось ранее. В этой связи важно подчеркнуть, что число российских членов экипажей по мере продолжения полетов изменялось. В первых двух экспедициях, относящихся к 2009-2010 гг., участвовали по 2 российских космонавта; затем, вплоть до апреля 2017 г., на борту МКС одновременно находились 3 российских космонавта, после чего количество российских участников космических экспедиций вновь снизилось до 2 человек, и, скорее всего, именно поэтому возросла рабочая нагрузка каждого из них: условно говоря, двое стали работать за троих.

РАБОЧАЯ НАГРУЗКА

5-я неделя экспедиции МКС № х (7 суток, 15.03.20 хх – 21.03.20 хх)
(даты от - до)

Распределение рабочих и выходных дней на 5-й неделе экспедиции

Рабочие дни		Выходные дни	
Количество	Даты	Количество	Даты
5	15.03	2	18.03
	16.03		
	17.03		
	20.03		
	21.03		

Нормативные лимиты ежедневной продолжительности работ с системами и полезной нагрузкой на 5-й неделе экспедиции:

В рабочий день у всех не свыше 6,5 ч. В выходной день у всех не более 1 ч.

Общая нормативная нагрузка за 5 рабочих дней у всех = 32 ч 30 мин.

Общая нормативная нагрузка за 2 выходных дня – у всех = 2 ч.

Недельный нормативный резерв рабочей занятости у всех = 34 ч 30 мин

Рисунок 1 – Бланк-формат

Продолжение рисунка 1 – Бланк-формат

Плановая и фактическая нагрузка космонавтов на 5-й неделе экспедиции МКС № х в рабочие дни

Члены экипажа	Рабочие дни (5 дней)				
	Ежедневный план, умноженный на количество дней	Суммарный план в рабочие дни	Внеплановая работа в рабочие дни	Суммарная фактическая нагрузка в рабочие дни	Сверхнормативная работа в рабочие дни (суммарная фактическая нагрузка минус общая нормативная нагрузка рабочих дней)
КЭ	8 ч 45 мин x 2 дня + 6 ч 30 мин x 3 дня = 37 ч	37 ч	2 ч 50 мин + 1,5 ч + 20 мин + 1 ч 10 мин = 5 ч 50 мин	42 ч 50 мин	10 ч 20 мин

Продолжение рисунка 1 – Бланк-формат

БИ-1	8 ч 45 мин х 2 + 6 ч 30 мин х 3 = 37 ч	37 ч	35 мин + 2 ч = 1 ч 10 мин	39 ч 35 мин	7 ч 05 мин
БИ-3	8 ч 45 мин х 2 + 6 ч 30 мин х 3 = 37 ч	37 ч	2 ч 10 мин	39 ч 10 мин	6 ч 40 мин

**Плановая и фактическая нагрузка космонавтов на 5-й неделе
экспедиции МКС № х в дни отдыха**

Члены экипажа	Д н и о т д ы х а (2 д н я)				
	Ежедневный план в каждый из 2 дней отдыха	Суммарный план в дни отдыха	Внеплановая работа в дни отдыха	Суммарная фактическая нагрузка в дни отдыха	Сверхнормативная работа в дни отдыха (суммарная фактическая нагрузка минус общая нормативная нагрузка дней отдыха)
КЭ	1 ч 10 мин + 5 ч 45 мин = 6 ч 55 мин	6 ч 55 мин	0 ч	6 ч 55 мин	4 ч 55 мин
БИ-1	4 ч 40 мин + 5 ч 30 мин = 10 ч 10 мин	10 ч 10 мин	2 ч	12 ч 10 мин	10 ч 10 мин
БИ-3	3 ч + 5 ч 45 мин = 8 ч 45 мин	8 ч 45 мин	2 ч	10 ч 45 мин	8 ч 45 мин

**Обобщенные данные об объеме сверхнормативной работы
на 5-й неделе экспедиции МКС № х**

Члены экипажа	Сверхнормативная работа в рабочие дни (суммарная фактическая нагрузка минус общая нормативная нагрузка рабочих дней)	Сверхнормативная работа в дни отдыха (суммарная фактическая нагрузка минус общая нормативная нагрузка дней отдыха)	В сумме по рабочим дням и дням отдыха
КЭ	10 ч 20 мин	4 ч 55 мин	15 ч 15 мин

Продолжение рисунка 1 – Бланк-формат

БИ-1	7 ч 05 мин	10 ч 10 мин	17 ч 15 мин
БИ-3	6 ч 40 мин	8 ч 45 мин	15 ч 25 мин
Экипаж за неделю	24 ч 05 мин	23 ч 50 мин	47 ч 55 мин



Рисунок 2 - Динамика суммарного объема плановой и внеплановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день. Здесь и на рис. 3-5: маркерами представлены средние значения в рамках каждой экспедиции; линия тренда – полином 4-й степени



Рисунок 3- Динамика объема плановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день.



Рисунок 4 - Динамика объема внеплановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день



Рисунок 5 - Динамика сверхнормативной занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день

Таким образом, был установлен факт возрастания рабочих нагрузок после сокращения численности российских членов экипажей с 3-х до 2-х человек. Дальнейший анализ материала был направлен на получение количественных оценок степени этого возрастания. В рамках каждого из 4-х показателей занятости рассмотрели 35 единиц наблюдения, приведенных на рисунках 2-5, с разделением на 2 независимых выборки. 1-я выборка (в объеме 26 единиц) включала данные, полученные в экспедициях с участием 3 человек, 2-я выборка (в объеме 9 единиц) содержала данные, относящиеся к последующим экспедициям в

составе 2 человек. Применительно к каждой выборке подсчитали среднюю арифметическую величину ее составляющих.

Результаты представлены в таблице 1, из которой следует, что после перехода к полетам с двумя участниками ежедневный объем работы в расчете на 1 космонавта по показателям внеплановой и сверхнормативной занятости увеличился очень сильно (примерно в 3-4 раза), а по показателям общей и плановой занятости – в значительно меньшей степени.

Таблица 1 - Количественные оценки рабочей занятости в экспедициях с различным числом участников (рассчитанные в среднем на 1 человека за 1 полетные сутки)

Показатели рабочей занятости	Выборки	
	1-я (экспедиции с участием 3 российских ЧЭ)	2-я (экспедиции с участием 2 российских ЧЭ)
Общая (суммарная плановая и внеплановая) занятость	5 ч	6 ч 36 мин (1,3)
Плановая занятость	4 ч 24 мин	4 ч 48 мин (1,1)
Внеплановая занятость	32 мин	1 ч 45 мин (3,3)
Сверхнормативная занятость	30 мин	1 ч 58 мин (3,9)

Примечания: ЧЭ – члены экипажа; в скобках – соотношение показателей 2-й и 1-й выборок

Оценка статистической значимости этих различий была выполнена по формуле

$$t = \frac{x_1 - x_2}{m_1^2 + m_2^2} \geq 3,$$

где: x_1 – одна сравниваемая средняя, x_2 – другая сравниваемая средняя;

m_1 – средняя ошибка одной сравниваемой средней,

m_2 – средняя ошибка другой сравниваемой средней

Если это соотношение оказывается меньше 3, то расхождение между средними можно считать недоказанным; если же соотношение больше или равно 3, то его нужно считать неслучайным (Каминский Л.С., 1964, с.139).

Результаты выполненных расчетов представлены в таблице 2, из которой следует, что повышение рабочей нагрузки после сокращения численности экипажа, обнаруженное в динамике трех из четырех показателей занятости, является достоверным фактом.

Что касается плановой занятости, аналогичные расчеты показали, что разность между обеими выборками статистически незначима ($t = 2,4$). Дополнительная оценка этой разности с помощью непараметрического критерия U Вилкоксона-Манна-Уитни (Гублер Е.В., Генкин А.А., 1973) подтвердила, что эту разницу нельзя считать достоверной ($p > 0,05$). Отсюда следует, что, сколько бы ни было членов экипажа – 3 или 2, закономерных различий в индивидуальных объемах плановых заданий не было.

Таблица 2 - Количественные оценки статистической значимости повышения рабочей занятости после сокращения численности экипажа

Показатели рабочей занятости	Численные значения t
Общая (суммарная плановая и внеплановая) занятость	5,9
Внеплановая занятость	6,9
Сверхнормативная занятость	6,4

Из полученных данных следует, что уменьшение численности экипажа с 3 чел. до 2 человек может приводить к увеличению рабочей нагрузки каждого участника полета и тем самым – к повышению риска развития хронического утомления (переутомления). При этом выяснилось, что после экспедиций в составе 3 космонавтов о наличии утомления в полете было упомянуто только в одном брифинге из 21, т.е. в 5% случаев, а после экспедиций в составе 2 космонавтов субъективные свидетельства утомления обнаружались в 5 из 8 брифингов, т.е. в 63% случаев.

Мы постарались подтвердить предположение, согласно которому решающую роль в появлении сверхнормативных работ играет внеплановая занятость: допускали, что именно она выводит общую занятость за пределы нормативных ограничений даже в тех случаях, когда объем плановых работ оказывается небольшим.

Для этого воспользовались методом расчета коэффициента прямолинейной корреляции r (Каминский Л.С., 1964). Вначале оценили корреляционную связь между сверхнормативной и плановой занятостью, затем – корреляционную связь между сверхнормативной и внеплановой занятостью и, наконец, связь между сверхнормативной и общей (суммарной – плановой и внеплановой) занятостью. Каждый из этих показателей был представлен двумя описанными выше выборками: 1-я (полеты с участием 3-х человек) и 2-я (последующие полеты с участием 2-х человек). Данные обеих выборок рассматривались отдельно. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения коэффициента прямолинейной корреляции r , характеризующие тесноту связи сверхнормативной занятости с другими показателями занятости

Комбинации показателей	Выборки	
	1-я (экспедиции с участием 3 российских космонавтов) n = 26	2-я (экспедиции с участием 2 российских космонавтов) n = 9
Сверхнормативная занятость и плановая занятость	0,455 ($p < 0,05$)	0,677 ($p < 0,05$)
Сверхнормативная занятость и внеплановая занятость	0,775 ($p < 0,01$)	0,830 ($p < 0,01$)
Сверхнормативная занятость и общая (суммарная плановая и внеплановая) занятость	0,816 ($p < 0,01$)	0,960 ($p < 0,01$)

Примечание: n - число единиц наблюдения в сопоставляемых рядах.

Как следует из этой таблицы, сверхнормативная занятость формировалась с участием обоих показателей – плановой и внеплановой занятости. Каждый из них вносил статистически значимый вклад в объем сверхнормативной занятости. При этом, судя по численным значениям коэффициента корреляции r , эффект внеплановой занятости по сравнению с плановой был сильнее. Понятно, что совместный эффект обоих показателей занятости был более выраженным, чем эффекты каждого из них, взятые в отдельности. Сказанное относится к обоим выборкам.

Плановым источником сверхнормативной занятости было сверхнормативное планирование, связанное с выполнением особо ответственных операций. К их числу относились работы по подготовке и проведению внекорабельной деятельности; по сопровождению экспедиций посещения; по ликвидации серьезных нештатных ситуаций; до 2011 года – по выполнению совместных работ с экипажами американских Шаттлов.

Виды внеплановых работ чрезвычайно разнообразны. Важно учитывать, что полетные ежесуточные планы составляются по хронодефицитному принципу – в них закладывается такой объем заданий, с которым невозможно справиться в отведенный срок, и чтобы эти планы выполнять полностью, приходится привлекать дополнительное время, расширяя

плановые рамки за счет отдыха и иногда даже за счет сна. [Согласно нашим расчетам, выполненным по данным 3 экспедиций 2021-2022 гг., доля хронодефицитного планирования в общем объеме внеплановой занятости составляет в среднем 23%, а межиндивидуальные вариации этого показателя – от 9% до 34%]. Хронодефицитные планы создают видимость благополучия, но в действительности требуют для своего выполнения избыточного расхода времени.

Потенциальными источниками дополнительного рабочего времени служат выходные дни, потому что незавершенные работы, накопившиеся за неделю, можно закончить в субботу и в воскресенье. В этой связи хотелось выяснить, в какие дни недели объемы внеплановых работ были выше – в рабочие дни или в дни отдыха. Оказалось, что показатели внеплановой занятости у 7 из 16 обследованных космонавтов во всех выполненных ими экспедициях были неизменно и статистически значимо выше в дни отдыха, нежели в рабочие дни ($p < 0,05$ и $p < 0,01$ по критерию U Вилкоксона-Манна-Уитни) (рисунки 6-12).

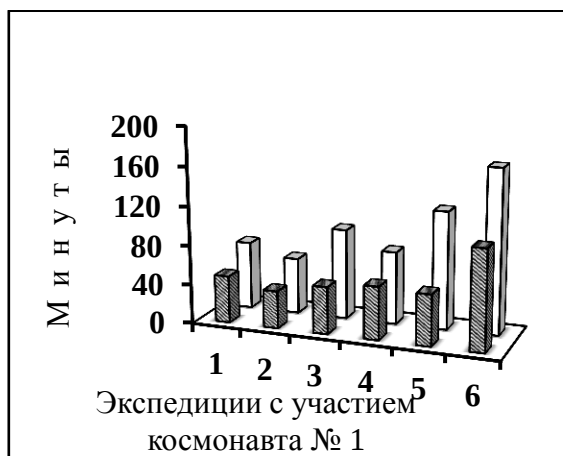


Рисунок 6 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 1. Здесь и на рисунках 7-12: столбики со штриховкой – в среднем за 1 рабочий день, белые столбики – в среднем за 1 день отдыха

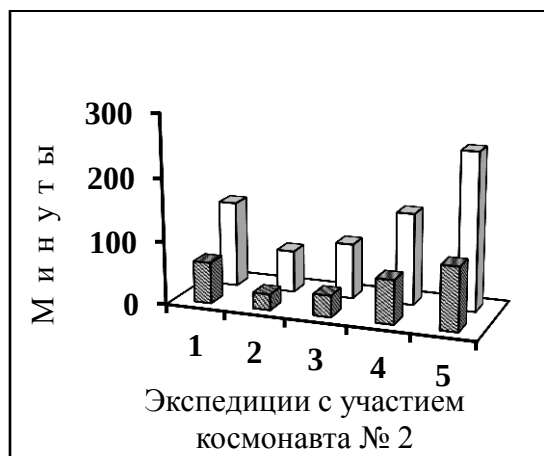


Рисунок 7 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 2

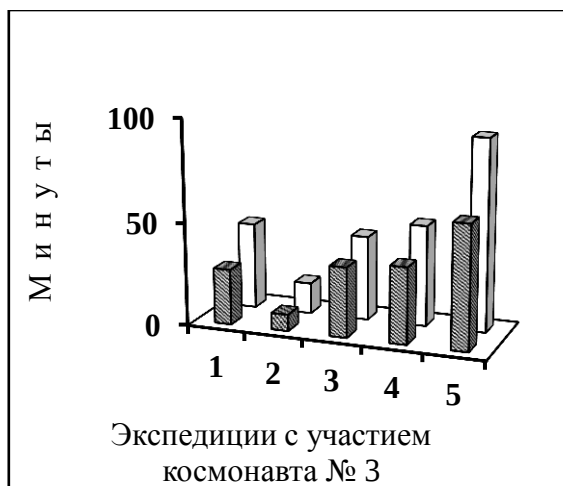


Рисунок 8 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 3

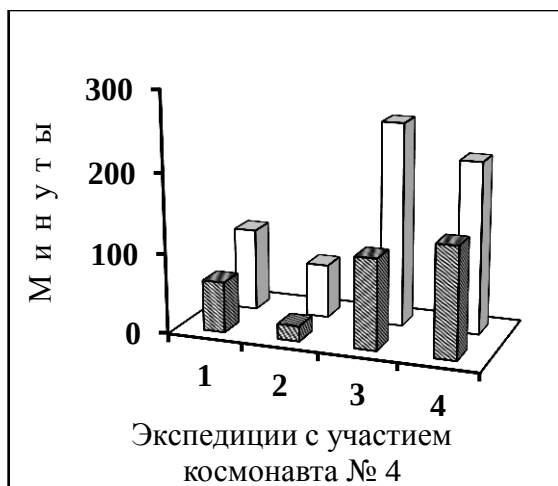


Рисунок 9 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 4

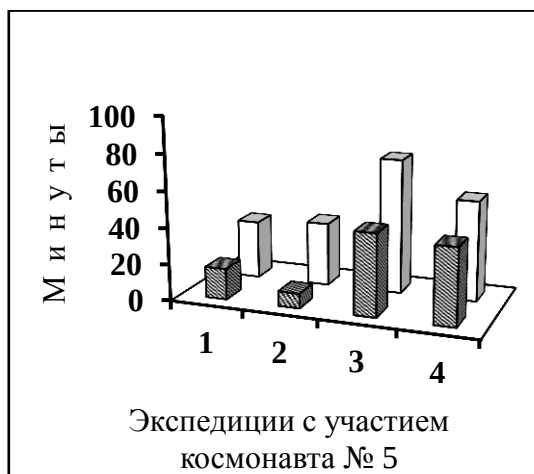


Рисунок 10 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 5

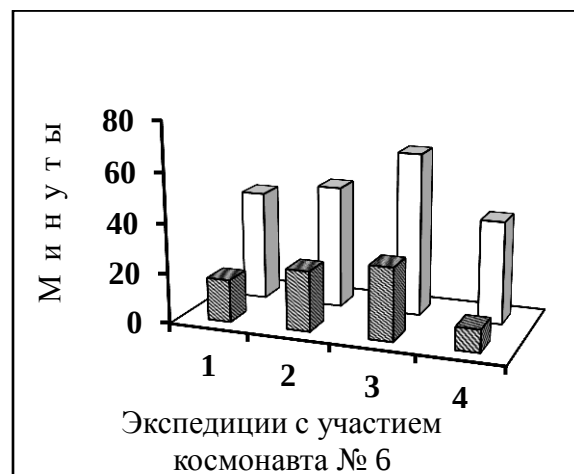


Рисунок 11 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 6

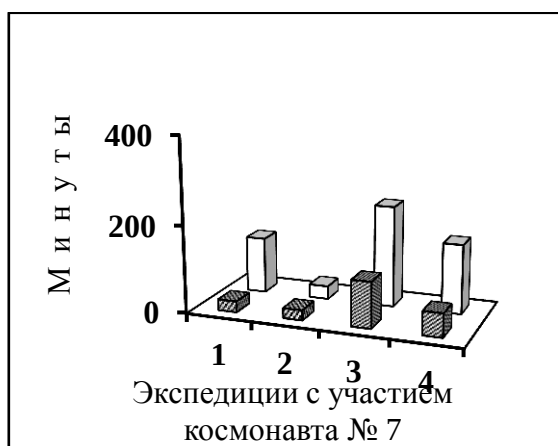


Рисунок 12 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 7

Превосходство выходных дней над рабочими днями по показателю внеплановой занятости у одних космонавтов могло быть более заметным, а у других менее заметным. Применительно к каждому из 16 космонавтов мы оценили степень такого превосходства. Поясним это на примере рис. 6-12. Вначале мы усреднили показатели, полученные в рабочие дни и представленные столбиками со штриховкой. Результат обозначили как M_1 . Затем ту же операцию проделали с показателями, полученными в дни отдыха (белые столбики). Результат обозначили как M_2 . Затем вычислили процентное отношение M_2 к M_1 . Полученные данные представлены в таблице 4. Из этой таблицы следует, что среди космонавтов № 1-7 оказались 4 человека (№ 2, 4, 6 и 7), у которых превосходство дней отдыха над рабочими днями по показателю внеплановой занятости было не только регулярным, т.е. характерным для всех предпринятых ими экспедиций, но и наибольшим по степени выраженности. По нашему мнению, сочетание этих двух признаков следует рассматривать как подчеркнутое проявление осознанного намерения занимать работой время, предназначенное для отдыха. Другими словами, мы считаем, что космонавты № 2, 4, 6 и 7 сознательно стремились использовать дни отдыха для внеплановых работ. Некоторые из них говорили об этом сами. Например, космонавт № 2: «...хотелось всё сделать по максимуму, и на Земле от нас ждали максимальной отдачи. Мы понимали, что летим работать, а не отдыхать, поэтому нормально относились к работам в субботние и воскресные дни». Космонавт № 7: «Я без работы сидеть не могу, поэтому все время находил себе работу. Это было на МКС, и это было на Земле всегда. ... я не люблю отдыхать, и в дни отдыха время нужно чем-то заполнять, поэтому

выполнялись различные работы...». Ориентируясь на приведенные высказывания, можно назвать, по крайней мере, два соображения, которыми руководствовались космонавты, занимая работой выходные дни:

1. Желание с максимальной полнотой обеспечивать интересы дела.
2. Стремление удовлетворять личную потребность в высокой психомоторной активности.

Таблица 4 - Индивидуальные значения показателей M_1 , M_2 и их процентного отношения

Космонавты (условные номера)	M_1 (минуты)	M_2 (минуты)	$\frac{M_2}{M_1}$
1	57	97	170%
2	59	137	232%
3	33	48	145%
4	83	160	193%
5	28	49	175%
6	20	50	250%
7	52	137	263%
8	50	79	158%
9	35	62	177%
10	49	66	135%
11	33	52	158%
12	63	86	137%
13	23	41	178%
14	23	33	143%
15	19	33	174%
16	14	23	164%

Тезис о том, что космонавт «летит работать, а не отдыхать», бытует в кругах лиц, занятых обеспечением космических полетов, которые используют его для оправдания перегруженности членов экипажей, в том числе, занятости работой выходных дней. Эти люди не хотят слышать, что отдых является залогом эффективной работы. Как писал еще Аристотель (2000 с лишним лет тому назад), «...не будучи в состоянии трудиться непрерывно, люди нуждаются в отдыхе ... Отдых, таким образом, не цель, потому что он существует ради деятельности» (1984, с. 280). Удивительно, что сегодня это кому-то остается непонятным.

Можно ли как-то противостоять такому поведению? Что касается полета, вряд ли стоит прибегать к запретам работать по выходным дням, но лишний раз напомнить о необходимости субботнего и воскресного отдыха имело бы смысл. Лучше всего, однако, заранее, еще до полета, объяснять кандидатам в космонавты и космонавтам, что отдых является не только производственной необходимостью, – потому что без хорошего отдыха не может быть хорошей работы, – но и залогом здоровья. Эта задача должна решаться в процессе дополетной медико-психологической подготовки. Вместе с тем следовало бы

обратить внимание на разработку и практическое внедрение новых видов досуговой деятельности, основанных на современных технологиях, в частности, на технологии виртуальной реальности.

2. Распорядок сна членов экипажей

Одной из ведущих особенностей распорядка сна участников рассматриваемых полетов были отклонения периода предписанного сна от штатного положения на 24-часовой шкале бортового времени с его частичным или полным перемещением к более поздним или, наоборот, к более ранним часам суток. Такие смещения, или сдвиги, сна большей частью были связаны с плановыми ночными работами или с присутствием на борту МКС экипажей посещения, прибывших на американском корабле Space Shuttle (или просто Шаттл).

Согласно нашей классификации сдвиги сна совершались в разных режимах. Они могли быть точечными, т.е. сопровождающими единственный эпизод, или, в крайнем случае, два последовательных эпизода ночной работы. Поэтому точечные сдвиги могли быть однократными и парными, или сдвоенными – один в первую, а другой в последующую ночь. Если сдвиги совершались на протяжении трех и более суток подряд, мы обозначали их как пролонгированные (рисунок 13).

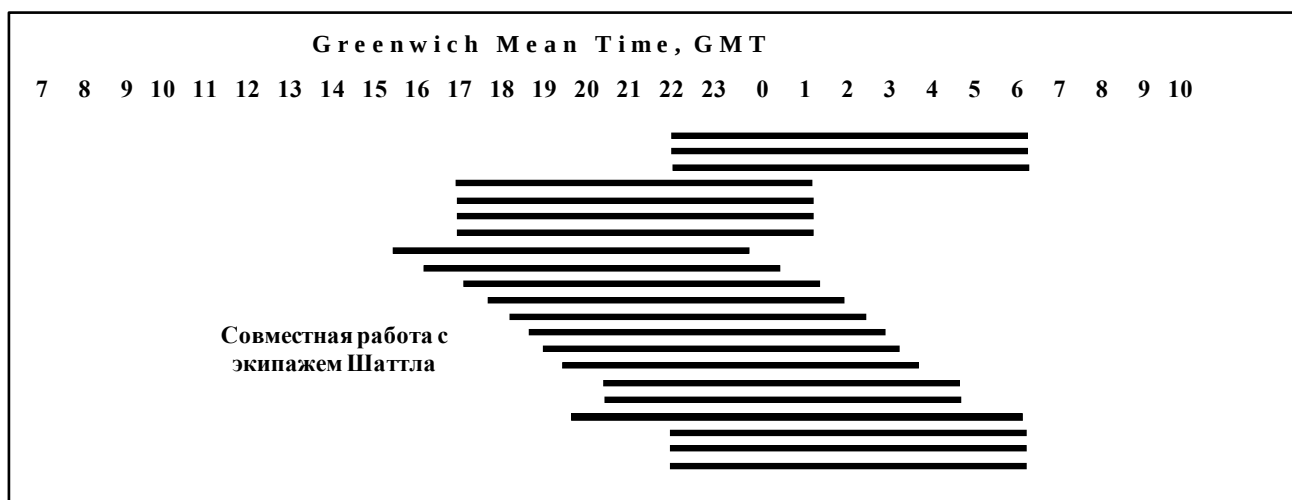


Рисунок 13 - Иллюстрация пролонгированного сдвига сна в период совместной работы экипажа МКС с экипажем Шаттла.

По нашим данным, в рассмотренных полетах однократных точечных сдвигов сна насчитывалось 89, сдвоенных точечных сдвигов – 28, пролонгированных сдвигов – 8 (из которых 6 эпизодов сдвига были обусловлены совместной работой с экипажами Шаттла).

Среди точечных сдвигов чаще всего встречались сравнительно небольшие сдвиги (от 1 ч до 3,5 ч), их было около половины (примерно 45%). Сдвигов средней величины (от 4 ч до 6,5 ч) оказалось 25%. Значительных сдвигов (от 7 ч до 12 ч) мы насчитали также 25%. Оставшиеся 5% принадлежали незначительным сдвигам менее 1 ч (30-45 мин).

Точечные сдвиги совершались с интервалами от 4-5 суток до 95 суток. Наибольшей представленностью (34%) были отмечены интервалы 6-10 суток и 11-15 суток, т.е. круглым счетом от 1 до 2 недель.

Пролонгированные сдвиги сна варьировались по продолжительности от 3 суток до 17 суток. Наибольшей продолжительностью (8-17 суток) были отмечены сдвиги сна в полетах с участием экипажей Шаттла.

Большой интерес представляет вопрос об отношении космонавтов к сдвигам сна. Относительно точечных сдвигов (однократных и сдвоенных) было получено 14 благоприятных отзывов от участников 23 экспедиций, согласно которым сдвиги сна не создавали никаких проблем с самочувствием и работоспособностью. В одном случае отзыв

был двойственным: «Небольшие сдвиги сна вправо (до 3-4 часов) переносили хорошо, потому что привыкли позже ложиться спать. При больших сдвигах сна на дневное время сон, как правило, был не совсем полноценный». И только один отзыв был резко отрицательным: «Лично я любые сдвиги сна не люблю. Меня это сильно выбивает из колеи. Я их не люблю. Я понимаю, что нужно, необходимо, но субъективно я не переношу их».

Что касается пролонгированных сдвигов, было получено 6 отзывов космонавтов и 2 отзыва от представителей медицинского сопровождения полетов. Все отзывы были отрицательными. Например: «...сдвиги проходят достаточно тяжело, и когда они случаются, то в связи с “переворотом во времени” у космонавтов возникают явления недосыпания и невозможности выполнять физические тренировки». По наблюдениям врача экипажа, один из космонавтов в условиях пролонгированного сдвига сна отмечал накопление усталости к концу рабочего дня, разбитость в первой половине дня и ухудшение сна – сон был прерывистым с нечастыми пробуждениями.

Судя по субъективным оценкам космонавтов, в полетах отмечалось сокращение длительности ночного сна в основном до 6-7 часов (9 оценок), а в 3 случаях – до 5-6 часов.

Свидетельствами недостатка сна, по субъективным оценкам космонавтов, были:

- ✓ регулярные задержки с отходом ко сну, как минимум, на 1 час, а нередко на 1,5-3 часа, с последующим подъемом в штатное время;
- ✓ стремление отсыпаться по выходным дням;
- ✓ спонтанные эпизоды кратковременного дневного сна в рабочие дни.

3. Психическая астенизация

К концу XIX – началу XX столетия в кругах отечественных специалистов сложилось представление, согласно которому условия космического полета предрасполагают к развитию психической астенизации (астенического синдрома). Считалось, что ведущую роль в происхождении «космического» астенического синдрома играют эмоциональный стресс и соматические изменения, обусловленные невесомостью.

В настоящее время в число факторов риска развития этого синдрома следует включить сверхнормативные рабочие нагрузки. Как показали наши исследования, сверхнормативная занятость к 20-м годам текущего столетия прочно закрепилась в РТО российских космонавтов и приобрела систематический характер. Именно это обстоятельство дает основание включить сверхнормативные нагрузки в число факторов, способных провоцировать развитие психической астенизации участников космических полетов.

Процесс формирования астенического синдрома в космическом полете в самых общих чертах можно представить себе следующим образом.

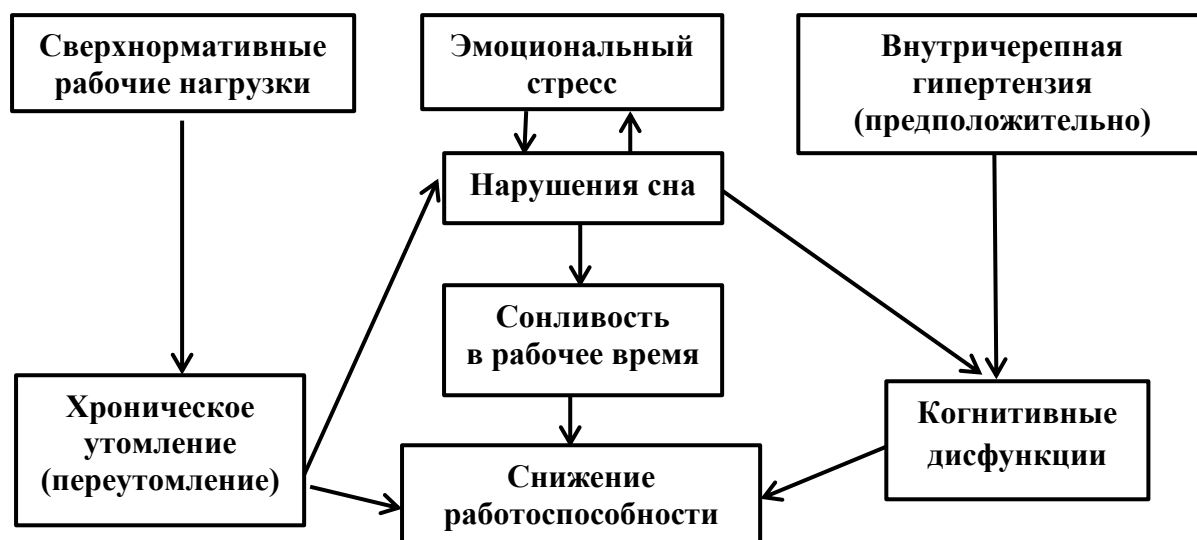


Рисунок 14 – Факторы риска развития «космического» синдрома психической астенизации

Характерно наличие многочисленных связей между компонентами схемы, что дает основания рассматривать «космическую» астенизацию не как простую совокупность отдельных проявлений, а как **единый симптомокомплекс**.

В круг задач нашего исследования не входило целенаправленное экспериментальное изучение феномена психической астенизации. Однако по собственному опыту полетного мониторинга РТО мы понимали, что некоторые особенности РТО членов экипажей могут иметь прямое отношение к развитию этого состояния, что и подтвердилось в наших исследованиях. Полагаясь на авторитет основоположников концепции «космической» астенизации, мы считаем, что эта идея заслуживает внимания, поскольку в условиях длительного космического полета человек испытывает влияние многих обстоятельств, способных спровоцировать развитие астенического синдрома. Дальнейшая разработка этой проблемы – задача специалистов в области космической психофизиологии, что особенно важно с точки зрения перспектив развития межпланетной космонавтики, связанной с высокой автономностью и большой продолжительностью космических экспедиций.

4. Перспективные орбитальные и межпланетные экспедиции

Опыт практического применения мониторинга РТО участников космических полетов показал, что официальные, т.е. закрепленные в полетной документации, требования к организации труда и отдыха космонавтов выполняются далеко не в полном объеме. В основном этот недостаток проявляется в виде сверхнормативных работ и эпизодов дестабилизации распорядка сна. Не исключено, что такая практика сохранится и позже в процессе осуществления как околоземных, так и межпланетных экспедиций.

Необходимость мониторинга РТО в межпланетном полете так же, впрочем, как и в околоземном, не должна подвергаться никакому сомнению, поскольку мониторинг РТО направлен на сохранение здоровья и работоспособности космонавтов в чрезвычайно трудных условиях орбитального, а тем более межпланетного полета.

Будущее отечественной космонавтики связано с поэтапным освоением Луны и Марса.

Подобно тому, как это происходит в околоземных космических полетах, организация труда и отдыха участников межпланетных экспедиций должна строиться на основе привычного жизненного распорядка. Отсюда следует, что на любом этапе осуществления лунной программы космонавты должны будут сохранять 24-часовую периодичность сна-бодрствования. Если на Земле в этом нам помогает смена дня и ночи, то на Луне всё будет значительно сложнее. В зависимости от применяемого способа исчисления, продолжительность лунных суток составляет, по разным источникам, от 27,0 до 29,5 земных суток. Из них на дневной и ночной периоды приходится в среднем по 2 недели – от 13,5 до почти 15 земных суток. В такой ситуации очень важно предельно четко соблюдать требования к организации труда и отдыха. Очевидно, во многом это будет зависеть от самих космонавтов, но только если они проявят готовность педантично следовать предписанному 24-часовому распорядку, понимая, что это необходимо для сохранения собственного здоровья и работоспособности. К сожалению, наш опыт показывает, что было бы неосмотрительно полагаться в этом только на космонавтов. Их поведение надо будет контролировать и при необходимости корректировать по результатам мониторинга РТО. Это касается не только распорядка сна, но и уровня рабочей нагрузки, который также придется контролировать с помощью мониторинга. Есть основания полагать, что космонавты постараются с максимальной полнотой использовать лунный день для работ с выходом на поверхность Луны, и это будет опасно с точки зрения развития хронического утомления (переутомления), а возможно и астенизации, с их последствиями – падением работоспособности и профессиональной надежности, ухудшением сна (сокращением его продолжительности и уменьшением глубины), невротическими расстройствами. Как показал опыт полярных экспедиций, в условиях продолжительного полярного дня и полярной ночи их участники испытывают нарушения сна, влияющие как на физические возможности, так и на моральное состояние. Эти нарушения получили название полярной бессонницы. Особенно ярко это состояние проявляется в зимние месяцы, т.е. в период полярной ночи.

Сопутствующая симптоматика включает нарушение когнитивных функций, межличностное напряжение и конфликтность (Mairesse O. et al., 2019). Аналогичные данные приводятся в работе М.В.Бочкарева и др. (2019). Ссылаясь на В.П.Казначеева и др., эти авторы отмечают у пришлого населения Арктики эмоциональное напряжение, десинхроноз и нарушения сна. Подчеркивается, что эти изменения вызывают истощение резервных возможностей организма, и это в последующем приводит к развитию каскада дезадаптивных расстройств и патологических состояний, в частности, к ускорению возрастных изменений многих физиологических функций, т.е. к преждевременному старению организма и сокращению продолжительности жизни. Нельзя исключать вероятность таких проявлений у членов экипажей «лунных» космических объектов. В любом случае вопросам обеспечения полноценного сна космонавтов – участников лунной программы надо уделять очень серьезное внимание.

Членам лунных экспедиций важно будет сохранять недельный ритм работы и отдыха с двумя выходными и пятью рабочими днями. Семидневная рабочая неделя с двумя выходными днями является частью привычного жизненного строя и требует учета в такой же мере, как 24-часовая продолжительность суточного цикла.

На всех этапах реализации лунной программы (так же, впрочем, как и в будущих околоземных полетах) большую помощь в обеспечении мониторинга РТО сможет оказать актографическая регистрация двигательной активности космонавтов на протяжении суточного цикла с использованием носимого на ручном браслете портативного актографа, снабженного накопителем поступающей информации (соответственно необходима разработка программы для ее автоматического анализа).

Вопросы медицинского обеспечения экспедиции к Марсу рассмотрены в коллективной монографии «Пилотируемая экспедиция на Марс» (Коротеев А.С. – гл. ред., 2006). В ней, отмечается, что отличительными особенностями этой экспедиции будут большая продолжительность (по современным техническим возможностям около 450 суток) и высокая автономность. Эти обстоятельства значительно повышают требования к медицинскому и психологическому сопровождению полета и служат основанием для создания бортового медицинского центра, оснащенного необходимым оборудованием, который будет работать в контакте с наземной медицинской службой Центра управления полетом. В медицинском центре, наряду с оказанием медицинской помощи, будет проводиться медицинский мониторинг состояния космонавтов. Мы считаем, что обязательным компонентом медицинского мониторинга всегда должен быть мониторинг РТО. По нашему мнению, человек является составной частью механизма реализации космического полета. Успешное функционирование этого механизма обеспечивается надежной работой всех его частей. В том, что касается человека, его надежность достигается не только тщательной профессиональной подготовкой, но и поддержанием здоровья и работоспособности всеми доступными средствами, в том числе, рациональной организацией труда и отдыха. Поэтому РТО членов экипажа должен постоянно контролироваться медицинскими специалистами. В первую очередь это касается двух ключевых моментов – рабочей занятости и распорядка сна (здесь также была бы очень полезна актография). Нужно учитывать, что продолжительность суток на Марсе мало отличается от земной и составляет 24 часа 36 минут (или, по некоторым данным, 24 часа 37 минут). Там есть важнейший датчик времени – суточное чередование света и темноты, который будет настраивать биологические часы космонавтов не на земные, а на марсианские сутки. Это дает основания ожидать, что обитатели марсианских баз будут стремиться жить по марсианскому времени, вместо того, чтобы искусственно поддерживать 24-часовую цикличность сна-бодрствования. Такую ситуацию можно допустить только при одном условии – если наш организм в состоянии успешно адаптироваться к суткам длительностью 24 ч 37 мин., т.е. сохранять при этом здоровье и работоспособность при отсутствии каких бы то ни было проявлений неблагополучия, и прежде всего – десинхроноза. Сегодня это неизвестно. Необходимо в ближайшее время организовать экспериментальное изучение данного вопроса, не откладывая его на неопределенный срок. От этого будет зависеть эффективность работы марсианских миссий, связанных с длительным пребыванием людей на красной планете.

ВЫВОДЫ

1. В период с 2009 г. по 2020 г. российские участники экспедиций на МКС систематически выполняли сверхнормативные работы, ежедневный объем которых в расчете на 1 человека варьировался от полета к полету в среднем от 30 мин до 2 ч.
2. Сокращение численности экипажа с 3-х до 2-х человек привело к увеличению суммарного объема плановой и внеплановой рабочей занятости 1 космонавта в среднем на 1,5 ч за 1 полетный день при одновременном возрастании количества жалоб на усталость, что в совокупности указывает на повышенную опасность развития переутомления.
3. Сверхнормативная занятость формировалась за счет плановых и внеплановых работ. Основной вклад в происхождение сверхнормативной занятости вносили внеплановые работы, объемы которых, рассчитанные на 1 человека за 1 полетные сутки, варьировались в зависимости от численности экипажа в среднем от 32 мин до 1 ч 45 мин.
4. Приоритетная мотивация на выполнение профессиональной деятельности с игнорированием потребности в отдыхе для поддержания рабочего ресурса организма характерна для 25% космонавтов.
5. Судя по субъективным оценкам космонавтов, в полетах отмечалось сокращение длительности ночного сна до 6-7 ч. Косвенными признаками недостатка сна были стремление отсыпаться по выходным дням и спонтанные эпизоды кратковременного дневного сна в рабочие дни.
6. Продолжительная (свыше 3 суток подряд) дестабилизация ритма сна-бодрствования является фактором, способствующим ухудшению сна участников космических полетов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При разработке полетных программ обеспечивать согласованность общего объема рабочих заданий с численностью экспедиции на основе ограничения ежедневной занятости каждого участника в будние дни – не свыше 6,5 ч, в выходные дни – не свыше 1 ч.
2. В процессе выполнения околоземных космических полетов и на всех этапах осуществления лунных экспедиций сохранять стабильный 24-часовой суточный ритм сна-бодрствования космонавтов.
3. В полетах поддерживать недельный распорядок труда и отдыха членов экипажей с пятью рабочими днями и двумя днями отдыха.
4. Не допускать хронодефицитного планирования рабочих заданий.
5. Контролировать наличие и объемы сверхнормативных работ.
6. В процессе полета учитывать количество и характер ошибочных действий членов экипажа.
7. Использовать дни отдыха по прямому назначению.
8. В процессе полетного мониторинга РТО космонавтов оценивать достаточность и восстановительный эффект сна с использованием портативных носимых устройств для регистрации двигательной активности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. **Степанова С.И.** Режим труда и отдыха российского космонавта в 340-суточном полете на Международной космической станции [Текст] / С.И.Степанова, О.И.Карпова, В.Ф.Нестеров, В.А.Галичий, **М.В.Королева** // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2018. - Т. 52. - № 2. - С. 24-28.
2. **Степанова С.И.** Полетный мониторинг режима труда и отдыха космонавтов: ретроспективный анализ данных и информационные возможности [Текст] / С.И.Степанова, **М.В.Королева**, В.Ф.Нестеров, В.А.Галичий, О.И.Карпова // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2018. - Т. 52. - № 3. - С. 48-53.
3. **Степанова С.И.** Оценки режима труда и отдыха российских членов экипажей Международной космической станции 40/41-53/54 по данным полетного мониторинга [Текст] / С.И.Степанова, **М.В.Королева**, В.Ф.Нестеров, Н.С.Суполкина, В.А.Галичий, О.И.Карпова // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2019. - Т. 53. - № 2. - С. 29-35.
4. **Королева М.В.** Актуальные вопросы регламентации рабочего времени участников длительных космических полетов [Текст] / М.В.Королева, В.А.Галичий, С.И.Степанова, О.И.Карпова, А.С.Карапетян // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2019. - Т. 53. - № 7. - С. 33-39.
5. **Stepanova S.I.** In-Flight Monitoring of Cosmonauts' Work and Rest Cycle: Retrospective Data Analysis and Information Sources [Текст] / S.I.Stepanova, **M.V.Koroleva**, V.F.Nesterov, O.I. Karpova // Human Physiology. - 2019. - Vol.45. - № 7. - Pp. 768-772.
6. **Степанова С.И.** Теоретические и прикладные аспекты организации труда и отдыха участников экспедиций по российской лунной программе [Текст] / С.И.Степанова, **М.В.Королева**, А.С.Карапетян, В.А.Галичий, О.И.Карпова // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2020. - Т. 54. - № 7. - С. 23-30.
7. **Stepanova S.I.** Assessment of the Work-Rest Schedule of the Russian Members of the International Space Station Crews 40/41 – 53/54 Using the Flight Monitoring Data [Текст] / S.I.Stepanova, **M.V.Koroleva**, V.F.Nesterov, N.S.Supolkina, V.A Galichiy., O.I.Karpova // Human Physiology. - 2020. - Vol. 46. - № 7. - Pp. 1-6.
8. **Степанова С.И.** Взаимосвязь базовых составляющих цикла сон-бодрствование и режим труда и отдыха космонавтов [Текст] / С.И.Степанова, **М.В.Королева**, В.А.Галичий, О.И.Карпова // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2023. - Т. 57. - № 3. - С. 5-17.