

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

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

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель –
доктор медицинских наук,
профессор С.И.Степанова

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	6
Актуальность исследования	6
Цель и задачи исследования	8
Объект исследования и предмет исследования	9
Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования	9
Степень разработанности проблемы	10
Научная новизна результатов исследования	12
Достоверность научных положений диссертации	12
Положения, выносимые на защиту	13
Теоретическая значимость работы	13
Практическая значимость работы	14
Апробация и внедрение результатов исследования	15
Публикации по теме диссертации	16
Связь работы с научными программами	16
Структура и объем диссертации	16
ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	18
1. Медико-биологические и психологические проблемы пилотируемого космического полета.....	18
2. Хроника полетного мониторинга режима труда и отдыха космонавтов (1977 – 2009 гг.)	36
ГЛАВА II. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	51
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	63
1. Рабочая занятость членов экипажей	63

2. Распорядок сна членов экипажей	115
3. Психическая астенизация	141
4. Перспективные орбитальные и межпланетные экспедиции	157
ВЫВОДЫ	167
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	168
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	169

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АНОГ – антиортостатическая гипокинезия

БИ - бортинженер

ВЧГ – внутричерепная гипертензия

ГМО – Группа медицинского обеспечения

ГОГУ – Главная оперативная группа управления

ДКП – длительный космический полет

ДОЗН – диаметр оболочки зрительного нерва

КЭ – командир экипажа

КТ – компьютерная томография

МКБ-10 – Международная классификация болезней, версия 10

МРТ – магнитно-резонансная томография

МКС – Международная космическая станция

ОК – орбитальный комплекс

ПВЗ_{до} – показатель внеплановой занятости дня отдыха

ПВЗ_{рд} – показатель внеплановой занятости рабочего дня

РТО – режим труда и отдыха

ТГК – транспортный грузовой корабль

ТПК – транспортный пилотируемый корабль

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЧЭ – члены экипажа

ICSD – International classification of sleep disorders (Международная классификация расстройств сна)

NWAK – number of awakenings (количество пробуждений)

SANS – spaceflight-associated neuro-ocular syndrome (космический нейро-окулярный синдром)

SE – sleep efficiency (эффективность сна)

SOL – sleep-onset latency (латентность наступления сна)

TST – total sleep time (общая длительность сна)

TWAK – terminal wakefulness (финальное бодрствование)

WASO – wake after sleep-onset (пробуждение после начала сна)

ВВЕДЕНИЕ

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.

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.

- Разработать системный хронобиологический подход к количественному анализу профессиональной занятости космонавтов в ходе полета:
 - а. выделить репрезентативные показатели занятости;
 - б. определить последовательность вычислительных операций;
 - с. создать табличный формат представления результатов.
- Рассчитать индивидуальные хронобиологические показатели рабочей нагрузки российских членов экипажей МКС на основе разработанной схемы количественного анализа материала.
- 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.

Объект исследования и предмет исследования

Объектом исследования является полетный РТО космонавтов. Предмет исследования – результаты мониторинга РТО в околоземных орбитальных полетах и перспективы использования полученных данных в межпланетных экспедициях к Луне и Марсу.

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.

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 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.

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.

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.

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.

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 поэкипажными оценками, 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 субботним 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.

Апробация и внедрение результатов диссертации

Основные положения, выводы и результаты исследований 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.

ГЛАВА I

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медико-биологические и психологические проблемы пилотируемого космического полета

Профессиональная деятельность космонавта осуществляется в экстремальных условиях. Поэтому профессия космонавта относится к числу экстремальных видов труда. В контексте этих понятий часто говорят об экстремальной профессии. Понятие экстремальной профессии подразумевает осуществление профессиональной деятельности в экстремальных условиях. Существует множество определений экстремальных условий труда. В соответствии с формулировкой, представленной в документе «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. ГОСТ 12.0.002-2014» (п. 2.4.12), «экстремальные условия труда: Условия труда в обстановке высокого (но допустимого для данных работ и конкретной ситуации) риска, когда присутствуют экстремальные плохо контролируемые факторы производственной среды» (с. 15). В целом анализ всех доступных определений показывает, что экстремальными следует считать такие условия труда, которые угрожают здоровью и жизни людей. Соответственно, экстремальными профессиями нужно признать такие, которые сопряжены с опасностью для здоровья и жизни работников, занятых в сфере этих профессий.

Согласно современным представлениям к числу экстремальных факторов космического полета относятся: предельно низкая температура среды, окружающей космический корабль («вечный холод космоса»), и гипобарическая гипоксия вне корабля («глубокий вакуум космического пространства») (Maki R.A. et al., 2022); микрогравитация (Oluwafemi F.A. et al., 2021; Arone A. et al., 2021; Marazziti D. et al., 2022; Tu D. et al., 2022; Gupta U. et al., 2023); космическая радиация (Oluwafemi F.A. et al., 2021; Arone A. et al., 2021; Marazziti D. et al., 2022; Tu D. et al., 2022; Gupta U. et al., 2023). [Под

космической радиацией понимается электромагнитное или корпускулярное излучение солнечного, галактического и внегалактического происхождения. Космическое излучение появляется в результате взрывов сверхновых звезд, а также в результате термоядерных реакций на Солнце. Главными естественными источниками радиационной опасности в космосе являются галактические космические лучи, радиационные пояса Земли и солнечные космические лучи – Самойлов А.С. и др., 2019.]

Как подчеркивают В.И. Мясников и др. (2000), «человек может жить в космическом пространстве только в искусственно созданных условиях, поскольку естественная космическая среда для человеческого организма абсолютно неприемлема. Непосредственный контакт с этой средой грозит практически моментальной гибелью, поэтому человек в космосе должен быть, прежде всего, полностью изолирован от внешних условий. Кроме того, он должен располагать автономными условиями существования. Это обеспечивается космическими летательными аппаратами. ... Однако, как известно, стопроцентной надежностью не может обладать ни одно техническое средство, поэтому в полете всегда сохраняется некоторое недоверие к технике... В этой связи даже в неосложненном, благополучно протекающем полете поддерживается повышенный уровень психического напряжения, обусловленного тревожным ожиданием внезапных осложнений. Это напряжение не покидает космонавта даже во время сна» (с. 7). «Космонавты отчетливо сознают, что любой полет таит в себе опасность для жизни. Вероятность возникновения аварий присутствует на протяжении всего времени пребывания экипажа на борту космического корабля, начиная с момента посадки в корабль на старте и кончая выходом из корабля при приземлении» (Леонов А.А., Лебедев В.И., 1975; по: Мясников В.И. и др., 2000, с. 7). Понимание техногенных рисков полетной ситуации является источником эмоционального стресса, сопровождающего космонавтов в процессе полета.

Коль скоро речь зашла об эмоциональном стрессе, уместно рассмотреть здесь космический полет в аспекте проблемы психологической совместимости членов экипажа, представляющего собой изолированную малую группу, заключенную в тесном замкнутом пространстве космического объекта. Такая ситуация опасна тем, что в ней всегда присутствует вероятность развития конфликтной напряженности из-за недостаточной совместимости участников полета друг с другом (уточним, что совместимость предполагает единомыслие, общность точек зрения, единодушие и дружеские отношения [Губин В.А., Петрук С.А., 2020]). Как в свое время подчеркивал Б.С. Алякринский (1983), «в космических полетах (особенно в длительных) острую актуальность приобретает вопрос о групповой совместимости членов экипажа, ибо именно групповая совместимость во многом определяет успех полета и эффективное выполнение совместных профессиональных операций» (с. 187). «Недостаточная психологическая совместимость участников полета может приводить к ухудшению межличностных отношений, вплоть до развития конфликтов, к расстройствам сна, снижению работоспособности» (Мясников В.И. и др., 2000). Психологическая совместимость лежит в основе групповой сплоченности. Под сплоченностью понимается внутреннее психологическое единство группы, ее привлекательность для всех членов, групповое согласие и конформность всех участников группы (Еськов К.Н., 2019 а). В зарубежной психологии совместимость и сплоченность часто рассматриваются как явления одного уровня. Приемы преодоления отрицательных групповых взаимоотношений подробно рассмотрены в монографии Б.С. Алякринского (1983). Проблеме обеспечения сплоченности космических экипажей посвящена работа Dunn Rosenberg et al. (2022). Авторы предлагают набор рекомендаций, касающихся стратегии управления эмоциональным стрессом в условиях изоляции, в том числе, в космическом полете. Для этого, по их мнению, нужна «гибкая поддерживающая политика» в отношении кодекса поведения, определения приоритетов и планирования повседневной

деятельности. Такую политику должен обеспечивать «тренер», или лучше сказать, лидер, который в случае необходимости сможет сосредоточить внимание участников полета на целях миссии и необходимости совместных усилий для их достижения в рамках сплоченной команды. О проблеме сплоченности космических экипажей упоминают Паньини (Pagnini F. et al., 2023).

В последние годы изучению эффективности групповой деятельности в отечественной психологии труда космонавтов уделяется серьезное внимание (Еськов К.Н., 2019 а, б; 2020; 2021 а, б; 2022).

В орбитальных полетах, совершаемых в условиях микрогравитации, на космонавтов действует очень небольшая гравитационная сила (сила тяжести) (Hupfeld K.E. et al., 2021). Фактически человек там испытывает состояние невесомости. Факты, полученные в космических полетах, свидетельствуют о негативном влиянии невесомости на организм космонавтов. Проявления такого влияния чрезвычайно разнообразны и многократно описаны в литературе. Понятно, что рассматривать их во всей полноте в данном обзоре не представляется возможным. Поэтому мы кратко остановимся только на тех изменениях, которые могут неблагоприятно отражаться на поведении и деятельности космонавтов. По данным В.И. Мясникова и др. (2000), в их числе находятся нарушения церебральной гемодинамики в виде венозного полнокровия мозга, обусловленного затруднением венозного оттока из церебрального бассейна и облегчением венозного возврата из нижней половины тела; констрикция сосудов бассейна внутренних сонных и позвоночных артерий, подводящих кровь к головному мозгу; уменьшение афферентных потоков с рецепторных областей опорно-двигательного аппарата и висцеральных структур, реагирующих на силу тяжести (так называемая функциональная деафферентация), что, в конечном счете, может приводить к ухудшению распределения и сосредоточения внимания; изменения электролитного баланса с возможными отклонениями в деятельности центральной нервной системы; эндокринные нарушения

(гипонорадренэргический синдром), имеющие непосредственное отношение к функционированию эмоциональной сферы.

В последнее время внимание исследователей привлекает проблема влияния микрогравитации на морфологию человеческого мозга. Исследования, выполненные в этом направлении, дают основания полагать, что в состоянии невесомости наблюдается смещение головного мозга в сторону теменной области (Lee J.K. et al., 2019, 2021); это приводит к скученности коры и сужению борозд в верхней части мозга (Clément G.R. et al., 2020). Такие изменения отражаются в увеличении объема серого вещества в верхней части мозга и уменьшении его у основания мозга (Hupfeld K.E. et al., 2020). После космического полета объем внутримозговой жидкости (ОВЖ) уменьшается в верхней части мозга и увеличивается вокруг основания мозга (Lee J.K. et al., 2019; Hupfeld K.E. et al., 2020; Jillings S. et al., 2020). Это означает, что в полете ОВЖ в верхней части мозга по сравнению с земными условиями увеличивается, а в основании мозга уменьшается. Во время космического полета происходит также расширение желудочков мозга, при этом сообщается, что среднее увеличение их объема колеблется от 11% до 25% (Van Ombergen A. et al., 2019; Riascos R.F. et al., 2019; Roberts D.R. et al., 2019; Hupfeld K.E. et al., 2020; Kramer L.A. et al., 2020). Все эти данные получили обобщение в обзорной работе H.R. McGregor et al. (2023).

Что касается влияния невесомости на когнитивную сферу, об этом трудно судить, потому что эффекты микрогравитации интегрированы в рамках общего комплекса полимодальных эффектов космического полета, и вычленив их из этого комплекса невозможно. Правда, можно попытаться использовать данные наземных исследований с имитацией гемодинамических эффектов невесомости в условиях антиортостатической гипокинезии (АНОГ). Такую попытку предпринял N. Mammarella (2020). Он выполнил анализ литературного материала, полученного в экспериментах с АНОГ при изучении высших когнитивных функций: рабочей памяти, внимания и принятия решений или, в более общем плане, так называемых

исполнительных функций, обеспечивающих целенаправленное поведение человека и управление собственной активностью (Алексеев А.А., Рупчев Г.Е., 2010). [Понятие исполнительных функций нуждается в разъяснении. J.Thomas et al. (2021) определяют исполнительные функции как совокупность когнитивных способностей, необходимых для контроля и саморегуляции поведения. A. Skurvidas A. et al. (2021) выделяют 3 компонента исполнительных функций: *тормозный контроль* (отвечает за подавление реакции); *самоконтроль* (сопротивление искушениям и импульсному действию); *рабочая память и когнитивная гибкость* (дает возможность рассматривать объект с разных точек зрения, быстро и гибко адаптироваться к новым обстоятельствам)].

Почему в данном случае речь идет именно о высших когнитивных функциях? Потому что, как подчеркивает N. Mammarella (2020), когнитивные процессы наиболее высокого уровня представляют собой важнейшие строительные блоки многих сложных способностей. При этом автор предполагает, что в отличие от когнитивных процессов сравнительно низкого уровня, они могут быть более чувствительными к разного рода воздействиям. Нужно подчеркнуть, что высшие когнитивные функции не выполняются автоматически и, следовательно, требуют большого умственного напряжения, что для профессии космонавта особенно характерно. Дело в том, что при выполнении профессиональных операций космонавты избегают автоматических действий: по словам космонавта Г. Гречко, «когда кончается рабочий день в космосе, чувствуешь, насколько много нервной энергии потрачено. Ведь даже простая операция – нажать кнопку или включить тумблер – становится сложной не орбите. Прежде чем включить любой тумблер или нажать любую кнопку, надо подумать раза три-четыре: а тогда ли это сделано, а что произойдет и т.д. ... Я невольно сравнил ощущение летчика во время боевого вылета с нервным напряжением космонавта. У него оно в течение всего полета» (по: Мясников В.И. и др., 2000, с. 34).

По данным, полученным N. Mammarella (2020), публикации, посвященные изучению высших когнитивных функций в условиях АНОГ, группируются по трем категориям. К 1-й категории относятся работы, в которых отмечены когнитивные дисфункции, ко 2-й категории – работы, в которых не обнаружено никаких изменений, и к 3-й категории – работы, которые содержат признаки улучшения когнитивной деятельности. Все эти категории рассматриваются как равнозначные. Другими словами, автор не отдает предпочтения какой-либо из них. Он полагает, – и с этим можно согласиться, – что вопрос о влиянии микрогравитации на когнитивные функции требует дальнейших исследований.

С точки зрения безопасности космических полетов большое значение имеют биологические и медицинские риски, связанные с влиянием космической радиации. По данным А.С. Самойлова и др. (2019), дозы радиации на космической станции примерно в 200 раз больше, чем при среднем фоне облучения человека в обычных земных условиях. Поэтому воздействие космической радиации представляет собой серьезную потенциальную долгосрочную угрозу здоровью космонавтов. Главной опасностью такого воздействия является повреждение ДНК, которое может приводить к гибели клеток и онкогенезу (Furukawa S. et al., 2020). Если эти два риска — гибель клеток и злокачественная трансформация — примерно равны, то риск, возникающий во время миссии, более значителен, чем риск, возникающий после миссии (Todd P. et al., 1999).

Для нас важно, что радиационный фактор оказывает влияние на деятельность мозга. Как сообщают S. Furukawa et al. (2020), наземные исследования на животных показали, что космическое излучение изменяет нейрональную ткань и функции нейронов, такие как возбудимость, синаптическая передача и пластичность. В частности, в опытах с мышами было установлено, что ежедневное радиационное воздействие низкой дозы (1 миллигрей – 1 mGy) на протяжении 6 месяцев сопровождается нарушением межклеточной передачи сигналов в отделах мозга, связанных с обучением и

памятью (гиппокампе и префронтальной коре). Авторы предсказывают, что во время полета в глубокий космос примерно каждый из 5 астронавтов будет испытывать тревогу, а у каждого из 3 участников экспедиции будут отмечаться нарушения памяти. Согласно заключению авторов, эти результаты показывают, что хроническое радиационное воздействие низкой дозы во время путешествий в дальний космос может представлять значительный риск развития когнитивных дисфункций и ухудшения здоровья. О когнитивных расстройствах у мышей-самцов, подвергшихся воздействию ускоренных заряженных частиц в опытах с имитацией галактического излучения, сообщается в работе K. Krukowski et al. (2021). Авторы обзорной работы G.R. Clément et al. (2020) приводят данные, согласно которым облучение крыс ускоренными ионами железа в дозе 20 сантигрей (20 cGy) вызывало постоянное снижение способности животных к пространственному обучению. Опыт использования радиотерапии в клинической практике показывает, что когнитивная дисфункция, вызванная лучевым воздействием, является широко распространенным явлением, главным образом в аспектах обучения, работы и жизни (Zuo H., Cheng H., 2019).

На борту космического объекта человек сталкивается с обстоятельствами, осложняющими его жизнь и деятельность; к ним относятся: изоляция, замкнутость (Marazziti D. et al., 2022; Tu D. et al., 2022; Gupta U. et al., 2023; McGregor H.R. et al., 2023) и сопутствующая сенсорная депривация, или «сенсорный голод» (ограничение внешних впечатлений); монотония (Marazziti D. et al., 2022); отсутствие природной 24-часовой смены света и темноты, что затрудняет работу биологических часов (Hirayama J. et al., 2022); неблагоприятная световая обстановка внутри корабля (слишком яркий, а в некоторых помещениях, наоборот, тусклый свет, – и то, и другое также может нарушать работу биологических часов) (Arone A. et al., 2021; Hirayama J. et al., 2022); шумы, вибрация, не всегда комфортная температура окружающей среды, неудобные спальные места (Arone A. et al., 2021); и,

наконец, тяжелая работа, которую постоянно контролируют (рабочие дни продолжительностью восемь или более часов плюс 2,5 часа физических упражнений) (Hupfeld K.E. et al., 2021; Marazziti D. et al., 2022).

Следует отметить, что сенсорная депривация является прямым следствием изоляции и замкнутости. О вредном влиянии сенсорной депривации было известно еще в 60-е гг. прошлого столетия. Анализ литературных данных (Алякринский Б.С., 1983) показал, что в этих условиях снижается умственная работоспособность, самокритичность, появляется безразличие к окружающему, замедляются действия. Наряду с этим уменьшается точность воспроизведения информации по памяти и снижается количество воспроизводимого материала, ухудшаются познавательные и эмоциональные процессы, что выражается в понижении способности предаваться сложным размышлениям и в повышенной возбудимости; нарушается сон, что проявляется трудностью засыпания, ночными пробуждениями, дневной сонливостью с повышением количества ошибок при выполнении сложных сенсомоторных заданий. Кроме того, появляется раздражительность, чувство беспокойства и тоски; отмечаются подозрительность, тревога и страх; в некоторых случаях наблюдаются иллюзии и галлюцинаторные феномены. Одной из причин сенсорной недостаточности является монотонность, однообразие впечатлений. Как отмечают D. Marazziti et al. (2022), длительные космические полеты могут вызывать у их участников ощущение монотонности, осложняющее психологическую обстановку на борту корабля и несущее с собой опасность ухудшения работоспособности и поведения членов экипажей.

Профилактика негативного влияния монотонии и сенсорной недостаточности имеет непосредственное отношение к организации труда и отдыха участников космических полетов. Как подчеркивает Б.С. Алякринский (1983), «если работа освещается ясно представляемой целью, если ее программа хорошо продумана и если космонавты правильно

намечают тактику своего поведения в условиях сенсорной недостаточности, ее влияние в значительной степени снижается» (с. 186).

Важное значение в профилактике сенсорной депривации имеет искусственное динамическое освещение интерьера космического корабля с имитацией естественных суточных изменений световой обстановки. Динамическое освещение обеспечивает настройку биологических часов на утреннее, дневное и вечернее время и тем самым регулирует их работу. А это, в свою очередь, способствует поддержанию взаимной синхронизации циркадианных (околосуточных) ритмов организма, которая является необходимым условием его нормального функционирования (Rahman S.A. et al., 2022; Lee Y. et al., 2021; Stefani O. et al., 2021). Нарушение работы биологических часов сопровождается нарушением взаимосвязанности жизненных ритмических процессов, что отрицательно сказывается на состоянии здоровья и работоспособности человека. Конкретно это воплощается в феномене десинхроноза, или болезни десинхронизации, симптоматика которой складывается в основном из ухудшения сна, сонливости в дневное время и падении работоспособности (Алякринский Б.С., 1975, 1983). В общем, можно сказать, что динамическое освещение не только предупреждает развитие негативных последствий сенсорной депривации, но и способствует профилактике десинхроноза [В работе Hirayama J. et al. (2023) отмечено, что недавно специалисты NASA разработали осветительную установку, имитирующую реальную суточную цикличность освещения. Ожидается, что эта установка улучшит работу циркадианных часов и поможет регулировать ритм сна-бодрствования астронавтов]. Кстати, отметим, что по сообщению K.A. Maki et al. (2022), признаки десинхроноза в виде рассогласования между суточным ритмом температуры тела и ритмом сна-бодрствования были обнаружены у астронавтов за 11 дней до полета, в полете и в ночи перед выходом в открытый космос. О «дисрегуляции циркадианных часов», отмеченной у астронавтов, сообщают J. Hirayama et al. (2023).

Помимо специфического влияния, все экстремальные факторы и обстоятельства, отягощающие условия космического полета, играют роль стрессоров. Как утверждал Б.С. Алякринский (1983), «среди стрессовых факторов космического полета самым мощным является невесомость» (с. 183). С этим трудно не согласиться, прежде всего, потому что невесомость – это состояние, абсолютно чуждое человеческому организму, все физиологические механизмы которого эволюционно сформированы в условиях земной гравитации (Фомина Г.А. и др., 2005). Поэтому к невесомости приходится адаптироваться. Это значит, что в состоянии невесомости у человека развивается общий адаптационный синдром, или иначе – стресс-синдром. Однако классическая стресс-реакция в виде активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпато-адреналовой систем при этом не проявляется, что дает некоторым исследователям повод для сомнений относительно того, что космический полет сопровождается интенсивным стрессом. Согласно гипотезе, выдвинутой С.И. Степановой (2005), причина такого противоречия состоит в том, что как невесомость, так и гормональная активация, обусловленная стрессом, сопровождаются интенсивным разрушением белковых структур нашего организма. От этого нужно как-то защищаться. Невесомость «выключить» нельзя, но можно заблокировать гормональную стресс-реакцию (такие механизмы в организме имеются), что в космосе позволит устранить один из двух названных «виновников» деградации белков. «Невесомость подавляет стресс-реакции, опосредствованные гипоталамо-гипофизарной и симпато-адреналовой системами, потому что эти реакции имеют ту же разрушающую направленность, что и специфические эффекты невесомости» (с. 52). С этой точки зрения отсутствие в космическом полете гормональной стресс-реакции не исключает наличия стресса, который может проявляться в каких-то других формах, например, в форме десинхроноза. Установлено, что десинхроноз является неизбежным спутником стресса: как подчеркивал Б.С. Алякринский (1983), стресс-реакция обязательно

сопровождается нарушениями слаженности циркадианной системы организма.

В целом можно заключить, что жизнь в космическом полете заполнена стрессом различного происхождения. Как подчеркивают D. Tu et al. (2022, во время космического полета астронавты сталкиваются с уникальным набором факторов стресса; эти факторы могут негативно повлиять на сон, бдительность и нейроповеденческие характеристики, которые имеют решающее значение для успеха миссии. [Понятие «нейроповеденческие характеристики» отражает связь функционального состояния головного мозга с особенностями поведения человека, в частности, с эмоциональной реактивностью, уровнем тревожности и успешностью когнитивной деятельности.].

Следует упомянуть о том, что в ряде публикаций сообщается о медико-биологических эффектах космического полета в целом. Отмечается, в частности, что среда космического полета содержит множество психологических, операционных и экологических опасностей (Tu D. et al., 2022). В качестве примера можно привести работу Arone A. et al. (2021), где отмечается, что опасности, с которыми могут столкнуться астронавты, не минимальны, а последствия для физического и психического здоровья могут быть значительными. Космические полеты, особенно длительные, могут создавать трудности для поддержания психического благополучия. Космические миссии могут вызывать многообразные психологические и психиатрические проблемы, в том числе, некоторые значительные нейроанатомические эффекты. Совокупное действие факторов космического полета может определять появление когнитивных проблем, развитие стресса, который может представлять собой самостоятельную причину когнитивных дисфункций и нарушений сна. Кстати, вопрос о нарушениях сна в космических полетах следует рассмотреть подробно.

По справедливому замечанию S.R. Pandi-Perumal, A.A.Gonfalone (2016), прежде чем люди отправились в космос, многие задавались вопросом,

возможен ли вообще сон в условиях микрогравитации, иначе говоря, сможет ли человек сохранять нормальный сон в очень «ненормальной» среде. В нашей стране в 1968 г. состоялся симпозиум, на котором рассматривалась проблема сна в условиях космического полета. Целью этого симпозиума было изучение возможных путей и способов регуляции сна в космическом полете. Вместе с тем отечественные специалисты проводили наземные эксперименты по изучению сна в условиях, моделирующих космический полет, в частности, в изоляции от внешнего мира и на фоне измененных жизненных расписаний (сдвигов периода сна к дневному времени, удлиненных и укороченных суток), поскольку использование суток необычной продолжительности в практике пилотируемых полетов было в те годы обычным делом. Как показали полученные данные, необычные расписания сна-бодрствования сопровождаются трудностями со сном и снижением когнитивной работоспособности (Алякринский Б.С., 1975, 1983; Степанова С.И., 1977).

Что касается реальных полетов, то уже на ранних этапах развития пилотируемой космонавтики было отмечено, что сон в космосе короче, чем на земле. Судя по литературным данным, полученным разными авторами в разные годы, продолжительность сна в космосе сокращается в среднем до 6,0–6,5 часов в сутки. Такие данные приводятся, в частности, в работах последних лет (Pandi-Perumal S.R., Gonfalone A.A., 2016; Flynn-Evans E.E. et al., 2020; Jones C.W. et al., 2022; Maki K.A. et al., 2022; Marazziti D. et al., 2022; Hirayama J. et al., 2023). Судя по результатам полисомнографии (Koller D.P. et al., 2021; Maki K.A. et al., 2022), у астронавтов наблюдалось сокращение ежедневного общего времени сна на $0,8 \pm 0,3$ ч. Всё это позволило некоторым исследователям (Petit G. et al., 2019; Flynn-Evans E.E. et al., 2020; Koller D.P. et al., 2021; Jones C.W. et al., 2022) говорить о дефиците сна в космическом полете. Понятие дефицита сна означает, что космонавты и астронавты в полете не высыпаются, что их организм постоянно испытывает ощутимую или, может быть даже неощутимую, потребность во сне, которая

проявляется в феномене «давления сна». Согласно определению, давление сна – это потребность во сне, которая возникает на фоне утомления и заставляет нас лечь в кровать и засыпать. Используя электроэнцефалографические записи, выполненные у 5 астронавтов в 6-месячном полете, G. Petit et al. (2019) обнаружили увеличение мощности тета-ритма в коре головного мозга (по сравнению с землей), с большой вероятностью свидетельствующее о повышенном давлении сна в космосе, т.е. о наличии дефицита сна. При этом важно подчеркнуть, что в космосе сон страдает не только по продолжительности, но и по эффективности (Koller D.P. et al., 2021; Jones C.W. et al., 2022; Maki K.A. et al., 2022; Marazziti D. et al., 2022), и это тоже вносит свой вклад в формирование дефицита сна.

В качестве возможных причин нарушений сна участников космических полетов называют неудобные спальные места, неблагоприятные особенности световой обстановки, шумы и некомфортную температуру воздуха (Petit G. et al., 2019; Arone A. et al., 2021). Наряду с этим сокращение продолжительности сна в космосе иногда связывают с невесомостью. D.P. Koller et al. (2021) предположили, что микрогравитация может изменить структуру сна. Для проверки этого предположения было выполнено полетное полисомнографическое обследование 4 астронавтов. Автор сосредоточился на двух особенностях сна – сонных веретенах и медленных волнах. Сонные веретена (всплески колебательной активности с частотой 9-15 Гц продолжительностью менее 2 с) связаны с обработкой информации, хранящейся в памяти (веретена бывают быстрыми и медленными). Медленные волны указывают на глубину и качество медленного сна. По сравнению со сном на земле, сон в космосе характеризовался значительным увеличением плотности быстрых веретен, повышенной частотой медленных веретен и сниженной амплитудой медленных волн. В совокупности эти результаты показали, что глубина сна в космическом полете может уменьшаться, и это, в свою очередь, может отражаться на общей длительности ночного сна. Поэтому сон в космосе не является полностью

освежающим (Pandi-Perumal S.R. et al., 2016). Об изменениях структуры сна в космосе сообщается также в работе O. Mairesse et al. (2019).

Для нас особенно важно то, что нарушения сна в космосе могут объясняться, помимо прочего, особенностями рабочего графика (Maki K.A. et al., 2022), в частности, операционно-обусловленными отсрочками начала сна (вынужденным запаздыванием с отходом ко сну) (Arone A. et al., 2021).

Установлено, что нормальный сон необходим для облегчения процессов запоминания. Работоспособность человека ухудшается без надлежащего сна, что проявляется в замедлении реакций и увеличении количества ошибок (Tu D. et al., 2022). Нарушения сна в случае его сокращения или изменения микроструктуры оказывают негативное влияние на память. Коррекция этих нарушений сопровождается улучшением запоминания и даже позитивными морфологическими изменениями в головном мозге (Полуэктов М.Г., 20/2018). По данным E.E. Flynn-Evans et al. (2020), прогрессирующее снижение работоспособности в условиях хронического ограничения сна было обнаружено в наземных экспериментах с имитацией космического полета. Кроме того, эти авторы сообщают о результатах двух исследований на борту космического корабля «Шаттл» с участием в общей сложности 8 астронавтов. Согласно полученным данным, во время полетов наблюдалось ухудшение работоспособности членов экипажей, связанное, по мнению исследователей, с усталостью и сокращением сна. В той же работе приводятся данные, согласно которым 6 исследований, включающих 23 члена экипажа, показали, что работоспособность в полете снижается по сравнению с наземным уровнем. Однако в 3 исследованиях, выполненных в космических полетах с участием 6 членов экипажа, не было обнаружено никаких изменений работоспособности. Пытаясь объяснить этот факт, авторы высказывают предположение, что в условиях незначительного недосыпания люди способны преодолевать тенденцию к снижению производительности, если они мотивированы на хорошие результаты.

Учитывая все сказанное по поводу сна, нужно согласиться с тем, что оптимизация сна в условиях космического полета представляет одну из важнейших медицинских проблем пилотируемой космонавтики (Pandi-Perumal S.R., Gonfalone A.A., 2016; Zivi P. et al., 2020). Сегодня космонавты и астронавты пытаются решать ее при помощи снотворных (Maki K.A. et al., 2022; Marazziti D. et al., 2022). По данным D.P. Koller et al. (2021), их принимает большинство астронавтов. Но, как известно, снотворные обладают негативными побочными эффектами, которые исключают их систематическое использование в космических полетах (Степанова С.И. и др., 2011). В поиске более приемлемых методов фармакотерапии сна взгляд исследователей и клиницистов обращается к мелатонину – естественному снотворному агенту, «гормону темноты», или «гормону сна». Помимо снотворного эффекта мелатонин оказывает и другие действия, в частности, антиоксидантное (Бричагина А.С, и др., 2020) и иммуномодулирующее. Важное свойство мелатонина – отсутствие негативного влияния на когнитивную сферу (утреннего эффекта последействия) (Полуэктов М.Г., 2018). В последнее время разрабатываются новые инструменты регуляции работы биологических часов с помощью светочувствительных модуляторов клеточных и тканевых циркадианных ритмов – направление, получившее название хронофотофармакологии (Kolarski D. et al., 2021).

В обзорной работе китайских авторов (Bin Wu et al., 2018) выполнен анализ проблем со сном, отмеченных в мировой практике космических исследований, и представлена информация о влиянии недостатка сна на работоспособность и на психическое и физическое здоровье. Авторы предлагают семь видов профилактических мероприятий, направленных против нарушений сна (в том числе, фармакологические вмешательства, лечение светом, подбор и обучение экипажа, методы традиционной китайской медицины и др., представленных ниже на рисунке 1 [Примечание: В качестве одной из профилактических мер предлагается прием

модафинила. В России модафинил входит в список наркотических и психотропных веществ и запрещен к продаже в аптечной сети].

Завершая эту тему, обратимся к работе К.Е. Hupfeld et al. (2021). Целью этой работы является анализ и обобщение информации о всевозможных биотропных эффектах космического полета. Авторы рассматривают эти эффекты как сочетание адаптационных и дезадаптационных феноменов («адаптивных процессов и нейроповеденческих дисфункций»), считая такой подход новой концептуальной основой оценки данных. В связи с этим нужно подчеркнуть, что диалектическое понимание феномена адаптации как двойственного явления, как единства защиты и повреждения, далеко не новое. Как отмечал Б.С. Алякринский (1979), анализ феномена адаптации обычно направляется идеей приспособленности к среде, что отвечает самому смыслу понятия адаптации. Но такая характеристика адаптации является односторонней, неполной. Даже самый элементарный анализ этого феномена открывает, наряду с защитной, приспособительной реакцией и реакцию противоположной (патогенетической) направленности. Если в процессе адаптации повреждение начинает преобладать над защитой, говорят о болезнях адаптации. Еще Г. Селье утверждал, что «в зависимости от ряда обстоятельств синдром адаптации может быть или полезным, или вредным для организма» (Селье Г., 1960; по: Алякринский Б.С., 1979, с. 19). С этой точки зрения, очевидно, что адаптация к условиям космического полета наряду с элементами защиты содержит в себе и элементы повреждения. Но мы сосредоточили свое внимание на негативных эффектах космического полета, поскольку именно они заставляют выполнять полетный мониторинг состояния членов экипажей.

Рассмотренные выше данные свидетельствует о чрезвычайной сложности условий космического полета, потенциально опасных с точки зрения сохранения здоровья и работоспособности. Медики понимали это еще на заре осуществления космических миссий. Первоначальные полеты были кратковременными (не свыше 18 суток). Поэтому не приходится удивляться

Проблемы со сном на орбите

Продолжительность сна (**ухудшение**)

Качество сна (**снижение**)

Причины проблем со сном в космическом полете

Факторы окружающей среды в кабине
 Корректировка расписания
 Неразумно спланированная работа
 Нарушение гомеостатической регуляции сна
 Расстройство циркадианного ритма
 Ментальный/физический дискомфорт

Влияние на работоспособность, ментальное и физическое здоровье

Когнитивные процессы (**ухудшение**)
 Зрительная бдительность и объем серого вещества (**снижение**)
 Операторская продуктивность (**снижение**)
 Эмоциональные изменения (**нарушение**)
 Изменения реакций на изображения лиц людей, переживающих разные эмоции
 Физическое здоровье (**ухудшение**)

Профилактика

Улучшение условий сна

- Улучшить факторы обитаемости по температуре, шуму и т.д.
- Оборудовать комфортные спальные мешки, ремни фиксации
- Обеспечить индивидуальные спальные места, чтобы минимизировать прерывистость сна

Разработка рациональных расписаний сна-бодрствования на орбите

- Разрабатывать детализированные расписания сна-бодрствования
- Давать возможность подремать днем или удлинять сон до/после ограничения сна
- Персонализировать расположение сна и разработать панель планирования

Фармакологические воздействия

- Снотворные: золпидем, залеплон, триазолам, мелатонин и др.
- Стимуляторы: кофеин, модафинил и др.
- Некоторые активные ингредиенты традиционной китайской медицины (ТКМ)

Лечение светом

- Лечить голубым светом
- Лечить зеленым светом
- Лечить ярким белым флуоресцентным светом

Психологическая поддержка

- Когнитивно-поведенческая терапия инсомнии
- Прямая или косвенная психологическая поддержка или вмешательство
- Обучение навыкам, способствующим сну

Отбор и подготовка экипажа

- Отбор по тесту депривации сна
- Подготовка хорошей адаптационной способности к депривации сна
- Китайская оздоровительная гимнастика Тайцзицюань
- Традиционная китайская медицина (акупунктурная стимуляция, сочетание акупунктуры и массажа и т.п.)
- Транскраниальная магнитная /электрическая стимуляция
- Прием специфической пищи, помогающей сну или бодрствованию

Рисунок 1 – Проблемы сна в космическом полете (по: Bin Wu et al., 2018).

тому, что в те годы «ряд специалистов в области авиакосмической медицины и космонавтов были убеждены, что летать более двух недель опасно для здоровья» (Григорьев А.И., Ушаков И.Б., 2014, с. 44).

По справедливому замечанию F.A. Oluwafemi et al. (2021), человеческий фактор определяет успех или провал космической миссии. Поэтому внимание к человеческому фактору в космонавтике должно быть очень высоким. Космонавт с самого начала своей профессиональной карьеры нуждается в тщательном медико-психологическом наблюдении. Это относится и к повседневной жизни, и к пребыванию в космосе. Как отмечают Н.Н. Гуровский, А.Д. Егоров (1986), в комплексе мероприятий, обеспечивающих безопасность космонавтов в полете, важная роль принадлежит медицинскому контролю, задачей которого является оценка и прогнозирование состояния здоровья членов экипажа и профилактика неблагоприятного воздействия факторов космического полета на организм космонавтов.

Одним из направлений медико-психологического обеспечения космического полета является мониторинг режима труда и отдыха космонавтов, осуществляемый с целью своевременного выявления предпосылок развития переутомления и десинхроноза в виде высоких рабочих нагрузок и нарушений распорядка сна.

2. Хроника полетного мониторинга режима труда и отдыха космонавтов (1977- 2009 гг.)

В 1977 г. на базе московского Центра управления полетами была создана Главная оперативная группа управления (ГОГУ). В ее состав вошла Группа медицинского обеспечения полетов (ГМО). Основные задачи, которые возлагались на ГМО, включали комплексную оценку состояния здоровья и работоспособности участников космических полетов, контроль за соблюдением РТО и выдача медицинских заключений о степени годности

членов экипажа к выполнению запланированных элементов программы полета (Григорьев А.И., Ушаков И.Б., 2014).

Важно отметить, что к 1977 году были уже сформулированы основные требования к рациональной организации труда и отдыха человека в космосе. Согласно этим требованиям РТО космонавтов должен строиться на основе стабильного 24-часового ритма сна-бодрствования с ежесуточной продолжительностью рабочих операций с системами и полезной нагрузкой космического аппарата не более 6,5 ч и с длительностью ночного сна не менее 8,5 ч. Необходимо подчеркнуть, что основная заслуга в разработке указанных требований принадлежит отечественным специалистам Б.С. Алякринскому (1975; 1983), А.Н. Лицову (Лицов А.Н., Сараев И.Ф., 1980; Лицов А.Н., Булыко В.И., 1983), В.И. Мясникову (Мясников В.И. и др. (2000), С.И. Степановой (1977) и их коллегам, совместными усилиями которых была создана система медико-психологического обеспечения длительных космических полетов. Эта система была положена в основу полетного мониторинга РТО космонавтов.

До 1977 года полетный медико-психологический контроль осуществлялся в основном полетным врачом, получавшим информацию с борта в ходе переговоров с членами экипажа. В эти годы (начиная с апреля 1961 г. и до октября 1977 г.) состоялась 31 космическая экспедиция, из которых 24 продолжались примерно от 1 до 8 суток и лишь 7 экспедиций – приблизительно от 16 до 63 суток. Данные об особенностях РТО участников полетов этого периода (членов экипажей кораблей серии «Союз» и орбитальных станций «Салют», «Салют-4» и «Салют-5») очень подробно представлены в монографии С.И. Степановой (1977). Показано, что в этих полетах наблюдались различные нарушения стабильности ритма сна-бодрствования космонавтов, высокая насыщенность рабочих программ с чрезмерной продолжительностью рабочего дня и явлениями дефицита времени при выполнении профессиональных операций. На этом фоне у членов экипажей наблюдались признаки повышенной эмоциональной

напряженности, жалобы на усталость и снижение работоспособности; после завершения полетов объективно отмечались симптомы некоторого утомления и астенизации.

После образования ГМО мониторинг РТО выполнялся экспертами по вопросам организации труда и отдыха космонавтов. Применительно к ним были разработаны квалификационные требования, в соответствии с которыми эксперт по РТО должен работать в контакте со специалистами группы планирования, которые ежедневно предоставляют ему детальные планы работы и отдыха экипажа на текущий день. Для получения дополнительной информации ему необходимо общаться с врачом экипажа и со своими коллегами по ГМО. И, конечно, эксперт должен иметь доступ к содержанию радиопереговоров с экипажем. Пользуясь этими источниками, эксперт по РТО получает сведения о конкретных видах плановых работ и их распределении в течение дня; о запланированных и фактических сроках выполнения рабочих операций; о занятости космонавтов в рабочие и выходные дни; о планировании сна с указанием времени отхода ко сну и подъема; о состоянии здоровья членов экипажа, их жалобах и замечаниях, в частности, по поводу особенностей РТО. На основе этих данных эксперт составляет еженедельные заключения с обобщением всей информации, поступившей на протяжении недели, и рекомендациями к продолжению полета, а в случае надобности – к оптимизации РТО. Содержание заключений он доводит до сведения руководства и специалистов ГМО.

После завершения каждой очередной экспедиции проводится рабочая встреча членов экипажа с наземными специалистами. Эксперту необходимо принимать участие в этом мероприятии, потому что в личной беседе можно выяснить какие-то детали и получить какие-то замечания, с которыми космонавты предпочитают не выступать во время полета.

По материалам еженедельных заключений и послеполетной встречи с членами экипажа эксперт по РТО составляет итоговый отчет. Еженедельные заключения и итоговые отчеты в текущем порядке передаются научным

сотрудникам, выполняющим ретроспективный анализ результатов полетного мониторинга. Полноправным участником ретроспективного анализа является эксперт ГМО. Сочетание научной и практической деятельности обеспечивает ему знание фундаментальных и прикладных проблем космической медицины. Научное образование может гарантировать хорошую подготовку в теоретических вопросах общей и космической биоритмологии, понимание места ритма в природе и роли ритмических процессов в обеспечении нормального функционирования организма. Тесное общение со специалистами, выполняющими научные исследования, позволяет эксперту регулярно получать новые знания о медико-биологических эффектах космического полета и на этой основе постоянно повышать качество решения экспертных задач. Эксперт по РТО должен представлять, с какими биоритмологическими проблемами сталкивается человек в условиях космического полета и как можно с ними справляться. Ему важно понимать значение рациональной организации труда и отдыха для поддержания здоровья и работоспособности участников космических полетов. Наряду с этим, эксперт по РТО должен быть знаком с основами научной организации труда и отдыха представителей экстремальных профессий, к которым относится профессия космонавта. В общем, для того чтобы ориентироваться во всем этом, оценивать происходящее с точки зрения угроз здоровью и работоспособности, эксперту требуется не только высшее медицинское образование, но и непрерывное совершенствование своей научной подготовки. Фундаментально образованный эксперт сможет увидеть то, чего не заметят его менее знающие коллеги (Нестеров В.Ф. и др., 2016).

Целью ретроспективного анализа еженедельных заключений и итоговых отчетов по РТО является выявление закономерных, т.е. воспроизводимых во многих полетах, особенностей организации труда и отдыха российских членов экипажей. Объектами первоочередного внимания являются избыточные (сверхнормативные) рабочие нагрузки и отклонения от штатного распорядка сна-бодрствования (сдвиги сна) – факторы, создающие

напряженность РТО. Напряженным считается такой РТО, который несет с собой опасность снижения работоспособности вследствие утомления, обусловленного чрезмерно высокими рабочими нагрузками и нарушениями распорядка сна.

По данным, приведенным в работе С.И. Степановой и др. (2018), ретроспективный анализ позволяет:

- количественно (в процентах) распределять полетные недели в зависимости от уровня их напряженности и на основе такого распределения сравнивать между собой различные полеты;
- определять, с какими конкретными видами работ связана напряженность РТО и насколько такая связь является закономерной, т.е. насколько регулярно она воспроизводится от одного полета к другому;
- выявлять недостатки в планировании рабочих операций, приводящие к тому, что плановое время, отводимое на выполнение заданий, оказывается намного меньше, чем это требуется в действительности (такое планирование в отечественной литературе получило название хронодефицитного; американские специалисты называют его “overplanning” – избыточное планирование); понимать причины и следствия хронодефицитного планирования, находить пути и способы его устранения;
- подсчитывать количество плановых и внеплановых отклонений от штатного распорядка сна (сдвигов сна), допущенных в ходе каждого конкретного полета; определять величину и направление сдвигов (по или против часовой стрелки); оценивать динамику этих показателей в многолетних рядах выполняемых полетов;
- обобщать предъявляемые космонавтами субъективные свидетельства отрицательного влияния избыточных рабочих нагрузок и сдвигов сна на количественные и качественные характеристики сна, на самочувствие и работоспособность;

- оценивать возможные мероприятия, направленные на профилактику и купирование негативных последствий сдвигов сна, с точки зрения целесообразности их использования в условиях космического полета.

Рассмотрим конкретные результаты мониторинга РТО, полученные в полетах орбитальной станции «Салют-6», орбитального комплекса «Мир» и на начальном этапе осуществления полетов на Международной космической станции (МКС).

Работы по медицинскому обеспечению длительных полетов основных экспедиций орбитальной станции «Салют-6» проводились в период с 1977 г. по 1982 г. (всего таких экспедиций было 5, первая из них в составе Ю.В. Романенко и Г.М. Гречко стартовала 10 декабря 1977 г.). Основными задачами мониторинга РТО были: а) учет рабочего времени, фактической продолжительности сна, отдыха, физических упражнений; б) наблюдение за суточным циклом сна-бодрствования, особенно за расположением зоны сна на суточной шкале времени; в) оценка уровня работоспособности членов экипажей, качества ночного сна, ежедневного и еженедельного отдыха (Бирюков Е.Н. и др., 1986, с. 25).

По данным В.И. Мясникова и др. (1986), в ходе 5 основных экспедиций выявились обстоятельства, в той или иной степени снижавшие работоспособность космонавтов. В их числе отмечались: 1) большая загрузка космонавтов рабочими операциями на некоторых этапах полетов с увеличением плановой продолжительности рабочего времени до 8-10 часов в сутки с сопутствующими явлениями дефицита времени и выполнением работ, не предусмотренных детальными планами; б) признаки кумуляции утомления и снижения работоспособности к концу полета; в) нарушения сна (прерывистый сон), связанные с эпизодическими плановыми сдвигами сна, наряду с проявлениями отрицательного влияния таких сдвигов на общее состояние космонавтов. Дефицит времени был наиболее выражен при выполнении совместных работ с экипажами посещения (участниками краткосрочных пилотируемых экспедиций в дополнение к основному

экипажу космического объекта). Для компенсации дефицита рабочего времени космонавты вынуждены были восполнять его недостаток за счет физических тренировок, приемов пищи и сна. Всё это потребовало ограничения плановых работ до необходимого минимума. Для предотвращения неблагоприятных последствий вынужденных сдвигов сна более чем на 2 ч было рекомендовано в течение двух суток после сдвига не планировать ответственных операций и усиленно контролировать деятельность членов экипажей во избежание операторских ошибок.

В период с 1986 г. по 2000 г. в рамках отечественной космонавтики выполнялась программа полетов орбитальной станции «Мир». В соответствии с этой программой было выполнено 28 основных экспедиций. Результаты мониторинга РТО, полученные в полетах орбитальной станции «Мир», представлены в работе С.И. Степановой и др. (2001). Согласно этим данным, опыт предшествующих лет позволил расширить рамки полетного мониторинга РТО и сделать его более детализированным. В процессе полета у членов экипажей оценивали своевременность отхода ко сну и подъема; длительность и непрерывность сна; продолжительность основной части рабочей зоны (работ с системами и полезной нагрузкой); регулярность приемов пищи и физических тренировок; соблюдение недельного регламента работы и отдыха. Фиксировали все отклонения от требований к рациональной организации труда и отдыха: нарушения ритма сна-бодрствования (плановые и внеплановые ночные работы); увеличение продолжительности рабочего дня сверх номинала; работу в выходные дни. Регистрировали объективные и субъективные свидетельства сокращения длительности сна и признаки его ухудшения; жалобы на усталость; ошибки, допущенные в процессе выполнения профессиональной деятельности. Результаты ежедневных наблюдений обобщали в виде еженедельных заключений. В необходимых случаях они служили основой текущих рекомендаций по коррекции РТО, адресованных руководству полетом.

Опыт полетов на станции «Мир» показал, что РТО российских членов экипажей нередко отклонялся от медицинских требований. В период подготовки к посадке очередного экипажа рабочий день космонавтов мог увеличиваться до 9-11 часов (вместо нормативных 6,5 ч). Повышение рабочей нагрузки отмечалось в связи с подготовкой и осуществлением внекорабельной деятельности, приемом экспедиций посещения, проведением погрузочно-разгрузочных работ с транспортными грузовыми кораблями и ремонтно-восстановительных работ, связанных с нештатными ситуациями. Причинами избыточной занятости были также срочные задания, поступающие с Земли, а также работа в выходные дни: в полетах станции «Мир» частичная или полная занятость выходных дней наблюдалась очень часто.

Наряду с этим в полетах на станции «Мир» отмечались нарушения ритма сна-бодрствования – сдвиги сна в сторону штатного периода бодрствования, обусловленные ночными работами с частичной или полной занятостью ночных часов. Сдвиги сна могли быть связаны с внекорабельной деятельностью, с неотложной ликвидацией нештатных ситуаций, с прибытием и убытием транспортных грузовых кораблей, а также с некоторыми другими обстоятельствами. В числе нарушений штатного распорядка сна нужно упомянуть запаздывание с отходом ко сну (иногда эпизодическое, а иногда на протяжении всего полета): по сообщению С.И. Степановой и др. (2001) члены практически всех экипажей отмечали, что они часто работали после отбоя, а иногда – до 1-3 ч ночи. Задержки с отходом ко сну были связаны с большими объемами работ и с особенностями графика радиосвязи: период устойчивой связи начинался вечером и заканчивался утром. Чтобы использовать зону радиовидимости (если не целиком, то хотя бы частично) космонавтам приходилось поздно ложиться и рано вставать.

Отклонения от штатных требований к РТО сопровождалось проявлениями «психосоматического дискомфорта» (жалобами космонавтов

на усталость и ухудшение сна, а также сообщениями специалистов ГМО о снижении работоспособности членов экипажей).

В период реализации программы полетов орбитальной станции «Мир» была разработана методика количественных экспертных оценок РТО, основанная на переводе описательных характеристик полетного РТО в количественные показатели – баллы, начисляемые за каждый случай отклонения от штатных требований к РТО и за каждое проявление сопутствующего «психосоматического дискомфорта» (Мясников В.И. и др., 2000; Степанова С.И. и др., 2001). Надо подчеркнуть, что количественные экспертные оценки были поэкипажными, т.е. не дифференцировались применительно к каждому члену экипажа, а относились к экипажу в целом.

Использование балльных оценок РТО позволило выполнить статистический анализ корреляционных отношений между особенностями РТО, с одной стороны, и проявлениями «психосоматического дискомфорта» – с другой. В результате в 5 из 14 рассмотренных полетов было найдено статистическое подтверждение связи избыточной занятости космонавтов с нарушениями их психосоматического благополучия (значения коэффициента корреляции r варьировались в пределах от 0,428 до 0,695 при $p < 0,05$ и $p < 0,02$). Что касается отклонений от нормативных распорядков сна, то статистическая значимость их связи с проявлениями «психосоматического дискомфорта» была обнаружена в 8 из 14 полетов, т.е. более чем в половине случаев (с вариациями значений r в пределах 0,487 – 0,935 при $p < 0,01$ и лишь в одном случае при $0,02 < p < 0,05$).

В итоге, судя по данным корреляционного анализа, чем выше была напряженность РТО, тем ярче выступали у космонавтов симптомы «психосоматического дискомфорта», и эта закономерность статистически значимо подтвердилась в каждом втором-третьем полете. Дополнительно к этому обнаружилась связь напряженности РТО с профессиональной надежностью космонавтов, а именно: чем выше была напряженность РТО,

тем больше ошибок допускали космонавты в процессе рабочей деятельности (Степанова С.И. и др., 2001).

В период с 2000 г. по 2009 г. состоялись полеты Международной космической станции с экспедициями МКС-1 – МКС 19/20 (экспедиция МКС-19 в течение 9 недель летала самостоятельно, а на 10-й неделе к ней присоединился экипаж МКС-20). Как показали данные полетного мониторинга РТО (Степанова С.И. и др., 2011), эти полеты принципиально ничем не отличались от полетов на станции «Мир». Здесь также регистрировались проявления напряженности РТО (рабочие перегрузки и сдвиги сна) с сопутствующим утомлением членов экипажей, замедлением темпа работы, раздражительностью, и появлением ошибочных действий. Выходные дни часто использовались для выполнения обязательных работ, которые космонавты не успевали выполнить в другие дни недели. Объемы избыточных нагрузок могли быть очень большими: например, согласно учтенным данным суммарное время переработок у командира экипажа (КЭ) МКС-11 за весь полет составило 228 ч (что равноценно 35 рабочим дням), у КЭ МКС-13 – свыше 174 ч (27 рабочих дней, а у КЭ МКС-14 – более 143 ч (22 рабочих дня). В этой связи космонавты испытывали жесткий лимит и дефицит времени, нарушали распорядок сна, питания и физических тренировок. Перечисленные особенности, характеризующие деятельность членов экипажей, были связаны с ключевой проблемой перегруженности полетных программ.

Участники полетов испытывали существенные трудности, обусловленные сдвигами периода сна к непривычному времени суток. В связи с этим космонавты жаловались на ухудшение сна, сонливость в рабочее время и невозможность полноценно заниматься физическими упражнениями.

Представленный в данном разделе материал свидетельствует о том, что полетный мониторинг, принятый в отечественной космонавтике, является адекватным инструментом контроля за соблюдением требований к РТО,

поскольку позволяет выявлять отклонения от этих требований и оценивать их влияние на состояние и работоспособность космонавтов. Вместе с тем опыт практического использования полетного мониторинга РТО показывает, что основные требования к организации труда и отдыха космонавтов – стабильный 24-часовой распорядок сна-бодрствования и регламентация рабочей занятости (6,5 часов в рабочие дни и не свыше 1 ч в дни отдыха) – в период с 1977 г. по 2009 г. не соблюдались. Полеты раз за разом сопровождались одними и теми же проблемами: рабочими перегрузками и сдвигами сна. В кругах лиц, ответственных за обеспечение космических полетов, эта ситуация воспринималась как нормальная или в лучшем случае – как неизбежная. Есть все основания опасаться того, что такое отношение будет сохраняться и в будущем при осуществлении автономных космических полетов. Ожидается, в частности, что непрерывная продолжительность пребывания космонавтов на лунной поверхности будет составлять 8 ч, а распорядок деятельности превратится в подобие регулярных смен при вахтовом режиме работы.

Перспектива сменной организации труда участников лунных экспедиций вызывает серьезную тревогу. О негативном влиянии сменной работы на многие функции организма и на работоспособность сообщалось еще в 60-е – 70-е гг. прошлого столетия. В частности, как подчеркивали П. Андлауер, Б. Метц (1973), «отсутствие приспособленности к сменной работе проявляется в форме желудочных и нервных расстройств...; нервные расстройства проявляются многообразными симптомами, такими как головные боли, головокружения, нервозность, беспокойство; все эти расстройства могут приводить, в конце концов, к развитию истинного неврастенического состояния» (с. 458). Негативные эффекты сменных работ в виде высокого риска ухудшения сна, развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и ожирения, нарушений функционального состояния нервной системы и даже злокачественных новообразований

отмечают и современные авторы (Бухтияров И.В. и др., 2016; Бочкарев М.В. и др., 2019; Бричагина А.С. и др., 2020).

Поскольку численность лунного экипажа будет невелика (2-4 человека), большой объем и разнообразие заданий, включенных в программу экспедиции, приведут к тому, что продолжительность и частота работ с выходом на поверхность Луны станут максимально возможными и будут лимитироваться только циклом подготовки скафандров и интенсивностью физической нагрузки (Леванов В.М. и др., 2019). Очевидно, это будет работа «на физиологических резервах», именно такой она была у американских астронавтов – участников программы «Аполлон». В.М. Леванов и др. (2019) определяют ее как «напряженную, жестко регламентированную деятельность», связанную не только с потенциальной опасностью стрессовых ситуаций при длительном пребывании в скафандре, но и с необычной продолжительностью лунных суток (порядка 29 земных суток – около 15 суток непрерывной освещенности и столько же – постоянной темноты), затрудняющей поддержание 24-часовой цикличности сна-бодрствования. Нет сомнений в том, что всё это будет сопровождаться развитием хронического утомления, десинхроноза и в конечном счете – психической астенизации с резким падением работоспособности участников экспедиции. «Высокие физические нагрузки, особенно при повторных длительных выходах на поверхность, могут приводить к нарастанию общей усталости, уменьшению функциональных резервов организма, развитию различных острых патологических состояний» (Леванов В.М. и др., с. 8).

С медицинской точки зрения такое развитие событий абсолютно недопустимо. Тем более что в межпланетных космических полетах их участники могут столкнуться с различными неблагоприятными обстоятельствами, способными дурно влиять на их здоровье и работоспособность. В том, что это не просто слова, убеждают данные А.В. Шафиркина (2019), согласно которым «у астронавтов, летавших к Луне, риски ранней смерти примерно в 2 раза выше, чем для всей когорты

астронавтов США, и в 4 раза выше, чем для астронавтов, совершавших только орбитальные полеты. ... можно предполагать, что такие различия являются следствием дополнительного действия существенно сниженного магнитного поля Луны и, возможно, сильного эмоционального стресса, связанного с межпланетным полетом» (с. 13). В другой своей работе А.В. Шафиркин (2020) предупреждает о том, что при осуществлении полетов к Луне и Марсу космонавты будут подвергаться воздействию потоков ядер галактического космического излучения, интенсивность которых будет в 4-5 раз выше, чем в полетах по околоземной орбите. Это приведет к большому риску пагубных последствий для здоровья в виде ухудшения состояния центральной нервной системы, дегенерации тканей или развития острого лучевого синдрома (Chancellor J.C. et al., 2014).

К числу прогностически значимых проблем длительного межпланетного полета F.A. Oluwafemi et al. (2021) относят нерационально построенный рабочий график, межличностные и культурные конфликты, последствия длительной микрогравитации и радиации, крайнюю изоляцию и одиночество, длительную разлуку с семьей и друзьями, затруднения радиосвязи с Землей, обусловленные задержкой распространения радиоволн. По мнению F. Pagnini et al. (2023), психологические проблемы длительных межпланетных полетов будут связаны с высокой продолжительностью миссии, большой удаленностью от Земли, длительной изоляцией в замкнутом пространстве, тесными жилыми помещениями, отсутствием условий для уединения, задержкой связи и соответственно большей автономностью в принятии решений, невозможностью срочного спасения и, наконец, какими-то другими, пока еще не известными причинами.

О.О. Рюмин, Ю.А. Бубеев (2021) выделяют 4 основные группы рисков, сопутствующих межпланетному полету и связанных с психической сферой человека:

- риск развития психических расстройств, связанных с воздействием радиации;

- риск развития ошибочных действий, вызванных недостатком и нарушением сна, утомлением и избыточной рабочей нагрузкой;
- риск развития неблагоприятных поведенческих и психиатрических состояний, вызванных комплексным воздействием факторов полета;
- риск развития негативных ситуаций, обусловленных низким уровнем группового взаимодействия и сотрудничества.

Как подчеркивают авторы, система психологического отбора, подготовки и комплектования космических экипажей, принятая сегодня в ведущих космических агентствах мира, ориентирована на обеспечение околоземных орбитальных полетов. Однако, по мнению Б.И. Крючкова, В.М. Усова (2019), среда обитания на Луне является сверхэкстремальной, поскольку она отмечена более жесткими условиями, чем на околоземных орбитах. Поэтому сложившаяся к настоящему времени система психологического обеспечения орбитальных полетов, скорее всего, не сможет полностью отвечать требованиям медико-психологического сопровождения межпланетных миссий (Рюмин О.О., Бубеев Ю.А., 2021). Ее необходимо привести в соответствие с особенностями межпланетного полета, где появляется целый ряд новых факторов и условий, затрудняющих жизнедеятельность человека (Крючков Б.И. и др., 2016).

F. Pagnini et al. (2023) подчеркивают, что успешность длительных космических экспедиций будет зависеть от четкой организации мониторинга индивидуального и группового поведения, сна и работоспособности членов экипажей. Но, конечно, не только от этого. В том, что касается лунной экспедиции, Ю.А. Бубеев и др. (2019) рекомендуют использование роботов: по их мнению, «робототехническая поддержка экипажа в условиях автономной деятельности на Луне должна рассматриваться как составная часть стратегии обеспечения безопасности» (с. 71). В последние годы разрабатываются и тестируются различные программно-аппаратные комплексы, повышающие эффективность работы врача в составе

космического экипажа (Переведенцев О.В. и др., 2018). Интересно, что О.О. Рюмин, О.М. Войтенко (2019) считают целесообразным назначение командиром межпланетного экипажа профессионального военного/офицера из тех соображений, что он формируется как профессиональный командир (лидер) от момента поступления в учебное заведение в ходе обучения и дальнейшего продвижения по служебной лестнице.

Как следует из приведенного выше материала, рассматривая хронику полетного мониторинга РТО, мы ограничились информацией, полученной до 2009 г. Что касается дальнейших полетов МКС, они стали объектами нашего диссертационного исследования; полученные результаты будут представлены в последующих разделах настоящей работы.

ГЛАВА II

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 в общей сложности 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 мы использовали разработанный нами бланк-формат, представленный на рис. 2 в виде заполненного образца, позволяющий систематизировать данные еженедельных заключений и выполнить их первичную обработку, соблюдая определенную последовательность вычислительных операций. К этому формату нужно дать некоторые пояснения.

1. 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). Официальные номера присваивались российским бортинженерам в общем ряду с номерами зарубежных бортинженеров, включенных в число участников экспедиции.

2. Объемы плановых работ оценивали по количеству времени, отведенного специалистами группы планирования на выполнение полетных заданий, объемы внеплановых работ – по количеству времени, затраченному на их выполнение. Данные о внеплановых работах космонавты передавали с борта в текущем режиме.

3. Расчетные показатели нормативной нагрузки зависели от соотношения в рамках конкретной недели количества рабочих дней и дней отдыха (выходных дней). К примеру, 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 недели, соответствующая нормативным ограничениям, 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 недельная нагрузка нормативного уровня 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), показатель недельной нормативной рабочей занятости составлял $6,5 \text{ ч} \times 3 + 1 \text{ ч} \times 4 = 23,5 \text{ ч}$.

Дальнейшая обработка материала осуществлялась в соответствии с таблицами 1-10. Их содержание и последовательность характеризуют системный подход к количественному анализу рабочей занятости участников космических полетов на основе использования репрезентативных показателей:

- а) индивидуального объема плановой занятости;
- б) индивидуального объема внеплановой занятости;
- в) индивидуального объема общей (суммарной плановой и внеплановой) занятости;
- г) индивидуального объема сверхнормативной занятости.

Расчеты выполняли применительно к каждому участнику экспедиции и к экипажу в целом.

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 16.03 17.03 20.03 21.03	2	18.03 19.03

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 2– Бланк-формат

Продолжение рисунка 2 – 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
БИ-1	8 ч 45 мин x 2 + 6 ч 30 мин x 3 = 37 ч	37 ч	35 мин + 2 ч = 1 ч 10 мин	38 ч 10 мин	5 ч 40 мин
БИ-3	8 ч 45 мин x 2 + 6 ч 30 мин x 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	Дни отдыха (2 дня)				
	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

Продолжение рисунка 2 – Бланк-формат

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)	Сверхнормативная работа в дни отдыха (суммарная фактическая нагрузка минус общая нормативная нагрузка)	В сумме по рабочим дням и дням отдыха
КЭ	10 ч 20 мин	4 ч 55 мин	15 ч 15 мин
БИ-1	5 ч 40 мин	10 ч 10 мин	15 ч 50 мин
БИ-3	6 ч 40 мин	8 ч 45 мин	15 ч 25 мин
Экипаж за неделю	22 ч 40 мин	23 ч 50 мин	46 ч 30 мин

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.

Таблица 1 – Индивидуальные показатели **плановой** занятости . № экспедиции_____ Длительность экспедиции 92 суток. Космонавт (фамилия и должность в экипаже)_____)

[illegible]

Примечание: исходные данные взяты из еженедельных версий формы 1 соответствующей экспедиции

Примечание: исходные данные взяты из еженедельных версий формы 1 соответствующей экспедиции

Таблица 4 – Индивидуальные показатели **плановой** занятости в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха . № экспедиции _____. Количество рабочих дней 64. Количество дней отдыха 28

Члены экипажа (фамилия, должность в экипаже)	Плановая занятость в рабочие дни		Плановая занятость в дни отдыха	
	В целом за экспедицию	В среднем за 1 рабочий день	В целом за экспедицию	В среднем за 1 день отдыха
_____ БИ-1	382 ч 15 мин	5 ч 58 мин	18 ч 05 мин	39 мин
_____ БИ-4	380 ч 35 мин	5 ч 57 мин	19 ч 05 мин	41 мин

Примечание: исходные данные о занятости в целом за экспедицию взяты из персональных версий таблицы 1 соответствующей экспедиции

Комментарий к таблице 4: из этой таблицы следует, что показатели объемов плановой занятости в среднем за 1 рабочий день как в рабочие дни (столбец 3), так и в дни отдыха (столбец 5) в данном случае не превышали нормативных лимитов (соответственно 6,5 ч и 1 ч).

Таблица 5 – Индивидуальные показатели **внеплановой** занятости в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. № экспедиции _____. Количество рабочих дней 64. Количество дней отдыха 28

Члены экипажа (фамилия, должность в экипаже)	Внеплановая занятость в рабочие дни		Внеплановая занятость в дни отдыха	
	В целом за экспедицию	В среднем за 1 рабочий день	В целом за экспедицию	В среднем за 1 день отдыха
_____ БИ-1	63 ч 55 мин	1 ч	52 ч 15 мин	1 ч 52 мин
_____ БИ-4	57 ч 10 мин	54 мин	74 ч 20 мин	2 ч 39 мин

Примечание: исходные данные о занятости в целом за экспедицию взяты из персональных версий таблицы 2 соответствующей экспедиции

Таблица 6 – Суммарные показатели рабочей нагрузки участников экспедиции № _____. Длительность экспедиции _____ 92 суток _____

Члены экипажа (фамилия, должность в экипаже)	Объем работы, выполненной за всю экспедицию			Объем работы, выполненной в среднем за 1 полетные сутки
	Плановый	Внеплановый	Суммарный плановый и внеплановый	
_____ БИ-1	400 ч 20 мин	116 ч 10 мин	516 ч 30 мин	5 ч 37 мин
_____ БИ-4	399 ч 40 мин	131 ч 30 мин	531 ч 10 мин	5 ч 46 мин

Примечание: данные о плановых и внеплановых работах взяты из персональных версий таблиц 1 и 2 соответствующей экспедиции

Комментарий к табл. 6. Нужно пояснить, как приведенные здесь показатели занятости 1 полетного дня соотносятся с нормативным лимитом. Существуют нормативные лимиты занятости 1 рабочего дня (6,5 ч), 1 дня отдыха (1 ч) и 1 недели (в соответствии с действующими требованиями к РТО космонавтов полетная неделя должна быть ограничена 5 рабочими днями и 2 днями отдыха, следовательно, недельный лимит рабочей занятости составляет $6,5 \text{ ч} \times 5 + 2 \text{ ч} = 34,5 \text{ ч}$). Исходя из этого, нужно считать, что нормативный лимит занятости 1 полетного дня составляет $34,5 \text{ ч} : 7 = 4 \text{ ч } 56 \text{ мин}$, т.е. фактически 5 ч. Таким образом, из табл. 6 (последний столбец) следует, что рабочая занятость обоих членов экипажа в данном случае была сверхнормативной.

Таблица 7 – Объемы **плановой** занятости 1 члена экипажа за 1 полетные сутки во всех рассмотренных экспедициях МКС

Экспедиции МКС		Участники экспедиции		Показатели объема плановой занятости		
№	Продолжительность (сутки)	Фамилия	Должность в экипаже	Индивидуальные значения за всю экспедицию	Индивидуальные значения в среднем за 1 полетные сутки	В среднем у 1 члена экипажа за 1 полетные сутки
	92		БИ-1	400 ч 20 мин	4 ч 24 мин	4 ч 21 мин
			БИ-4	399 ч 40 мин	4 ч 18 мин	

Примечание: исходные данные взяты из таблицы 6 соответствующих экспедиций

Таблица 8 – Объемы **внеплановой** занятости 1 члена экипажа за 1 полетные сутки во всех рассмотренных экспедициях МКС

Экспедиции МКС		Участники экспедиции		Показатели объема внеплановой занятости		
№	Продолжительность (сутки)	Фамилия	Должность в экипаже	Индивидуальные значения за всю экспедицию	Индивидуальные значения в среднем за 1 полетные сутки	В среднем у 1 члена экипажа за 1 полетные сутки
	92		БИ-1	116 ч 10 мин	1 ч 16 мин	1ч 20 мин
			БИ-4	131 ч 30 мин	1 ч 24 мин	

Примечание: исходные данные взяты из таблицы 6 соответствующих экспедиций

Таблица 9 – Общая (суммарная плановая и внеплановая) занятость **экипажа** за 1 полетные сутки

Экспедиции МКС		Участники экспедиции		Объем работы (плановой и внеплановой) за 1 полетные сутки		
№	Продолжительность (сутки)	Фамилия	Должность в экипаже	Индивидуальные значения	Экипаж в целом	В среднем на 1 члена экипажа
	92		БИ-1	5 ч 37 мин	11 ч 23 мин	5 ч 42 мин
			БИ-4	5 ч 46 мин		

Примечание: исходные индивидуальные значения общего объема работ за 1 полетные сутки взяты из таблицы 6

Таблица 10 – Сверхнормативная нагрузка космонавтов в экспедиции МКС № _____ (в сумме по рабочим и выходным дням) (исходные данные взяты из еженедельных версий формы 1 соответствующей экспедиции (длительность экспедиции 92 суток)

Члены экипажа	Нед е л и п о л е т а																					3а всю экспедицию	В среднем за 1 полетные сутки
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
БИ-1	3 ч 05 мин	4 ч	8 ч 35 мин	10 ч 20 мин	14 ч 40 мин	9 ч 05 мин	18 ч 50 мин	7 ч 40 мин	6 ч 30 мин	6 ч 45 мин	2 ч 45 мин	1 ч 40 мин	17 ч 05 мин									111 ч	1 ч 12 мин
БИ-4	3 ч 40 мин	7 ч 05 мин	13 ч 35 мин	9 ч 30 мин	18 ч 15 мин	11 ч 20 мин	11 ч 05 мин	9 ч10 мин	7 ч 15 мин	8 ч 40 мин	3 ч 55 мин	6 ч 10 мин	21 ч									130 ч 40 мин	1 ч 25 мин
Эк-паж в целом	6 ч 45 мин	11 ч 05 мин	22 ч 10 мин	19 ч 50 мин	32 ч 55 мин	20 ч 25 мин	29 ч 55 мин	16 ч 50 мин	13 ч 45 мин	15 ч 25 мин	6 ч 40 мин	7 ч 50 мин	38 ч 05 мин									241 ч 40 мин	2 ч 37 мин

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

ГЛАВА III

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Рабочая занятость членов экипажей

На рисунках 3-6 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 3), объема плановой занятости (рисунок 4), объема внеплановой занятости (рисунок 5) и объема сверхнормативной занятости (рисунок 6).

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.

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.

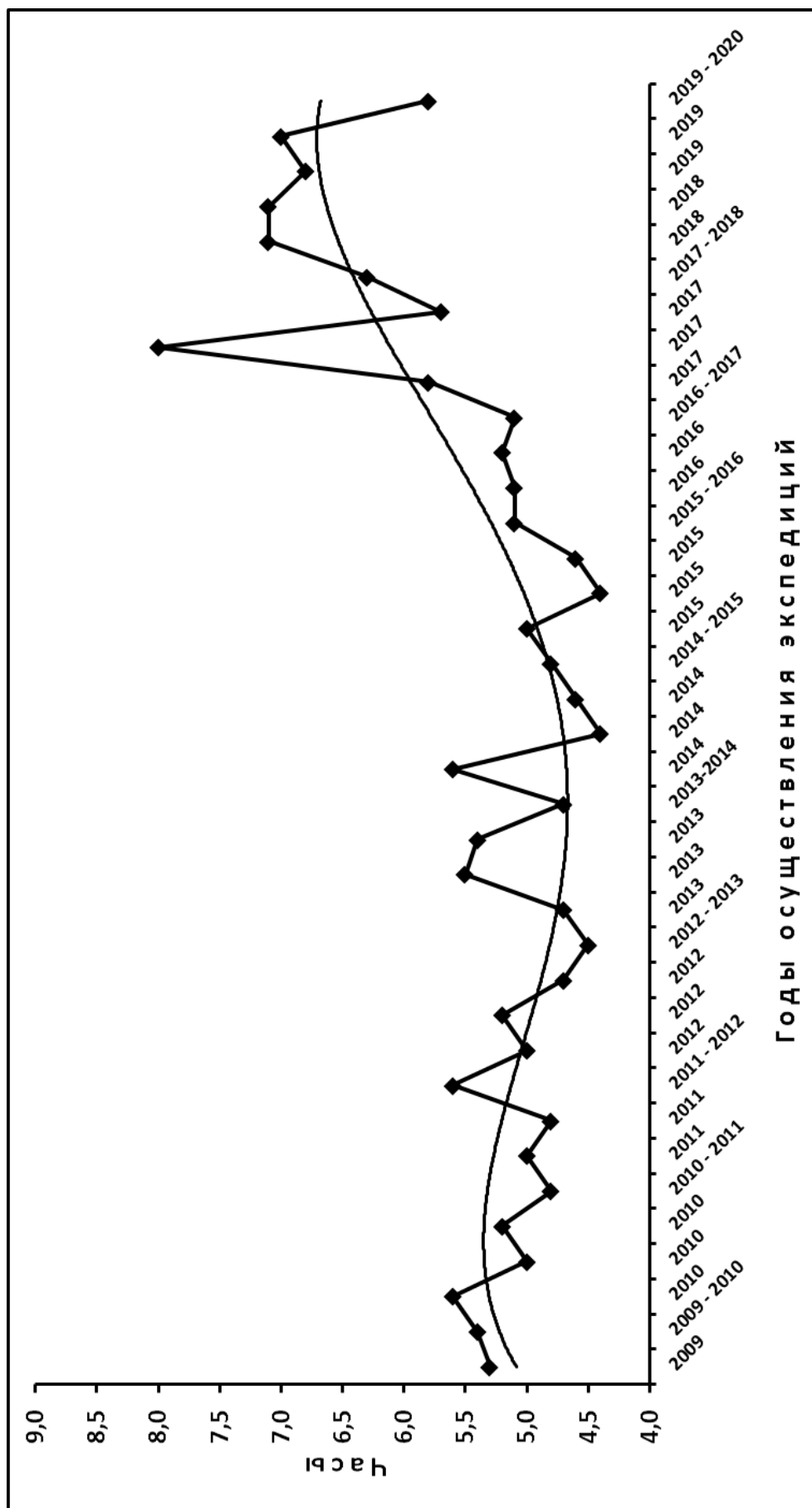


Рисунок 3 – Динамика суммарного объема плановой и внеплановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день. Здесь и на рисунках 3-5: маркерами представлены средние значения в рамках каждой экспедиции; линия тренда – полином 4-й степени

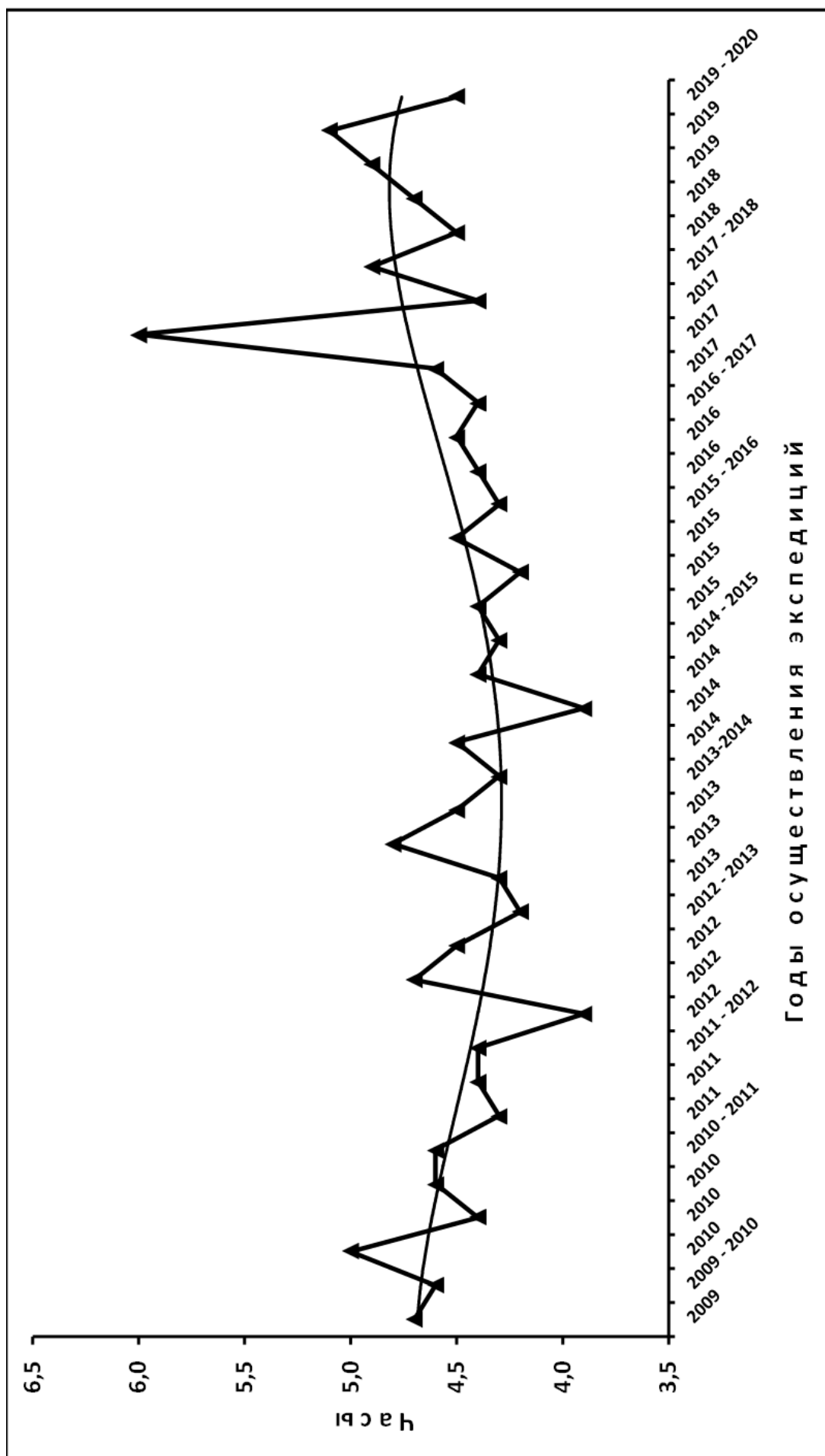


Рисунок 4 – Динамика объема плановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день

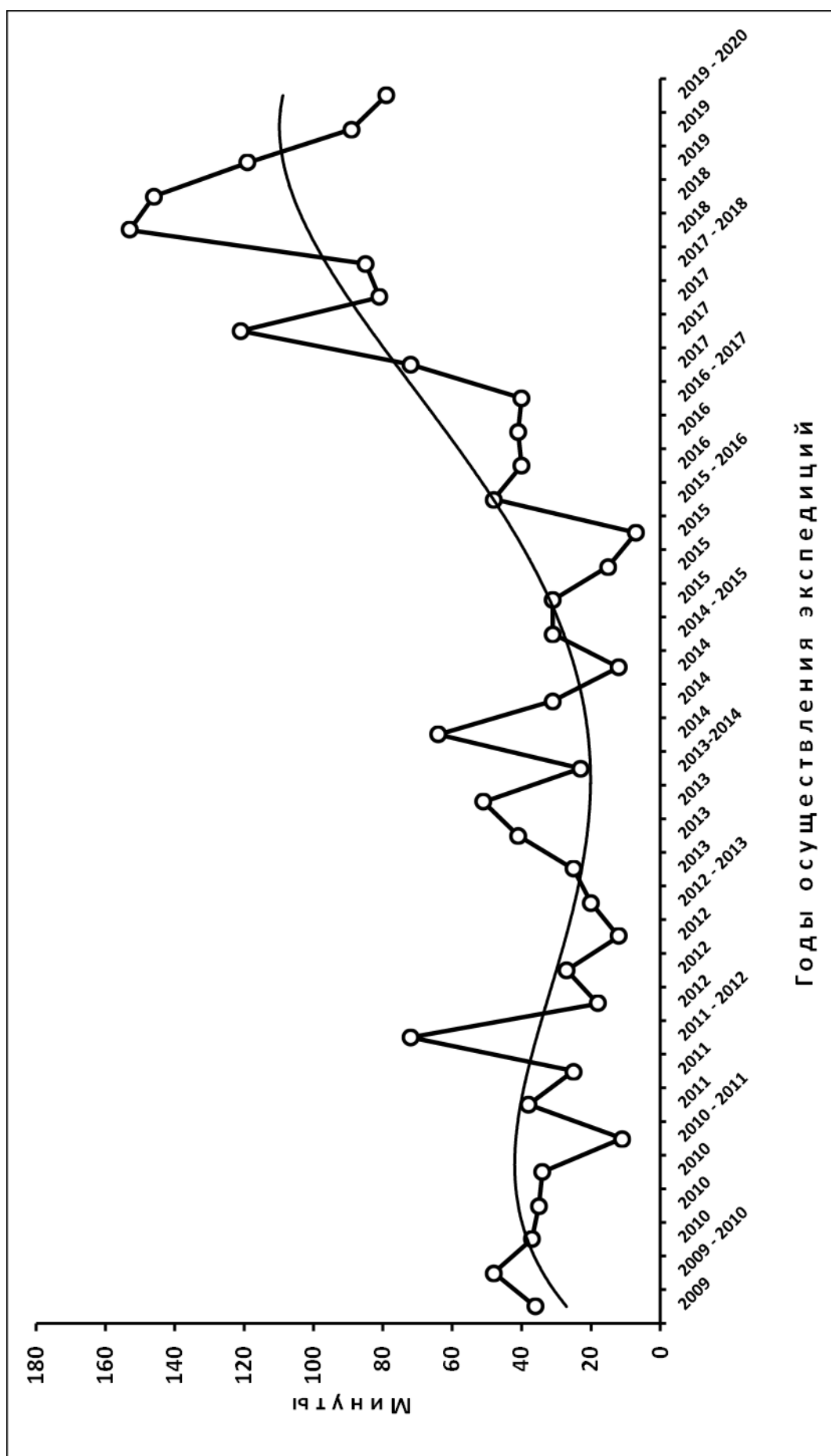


Рисунок 5 – Динамика объема внеплановой занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день

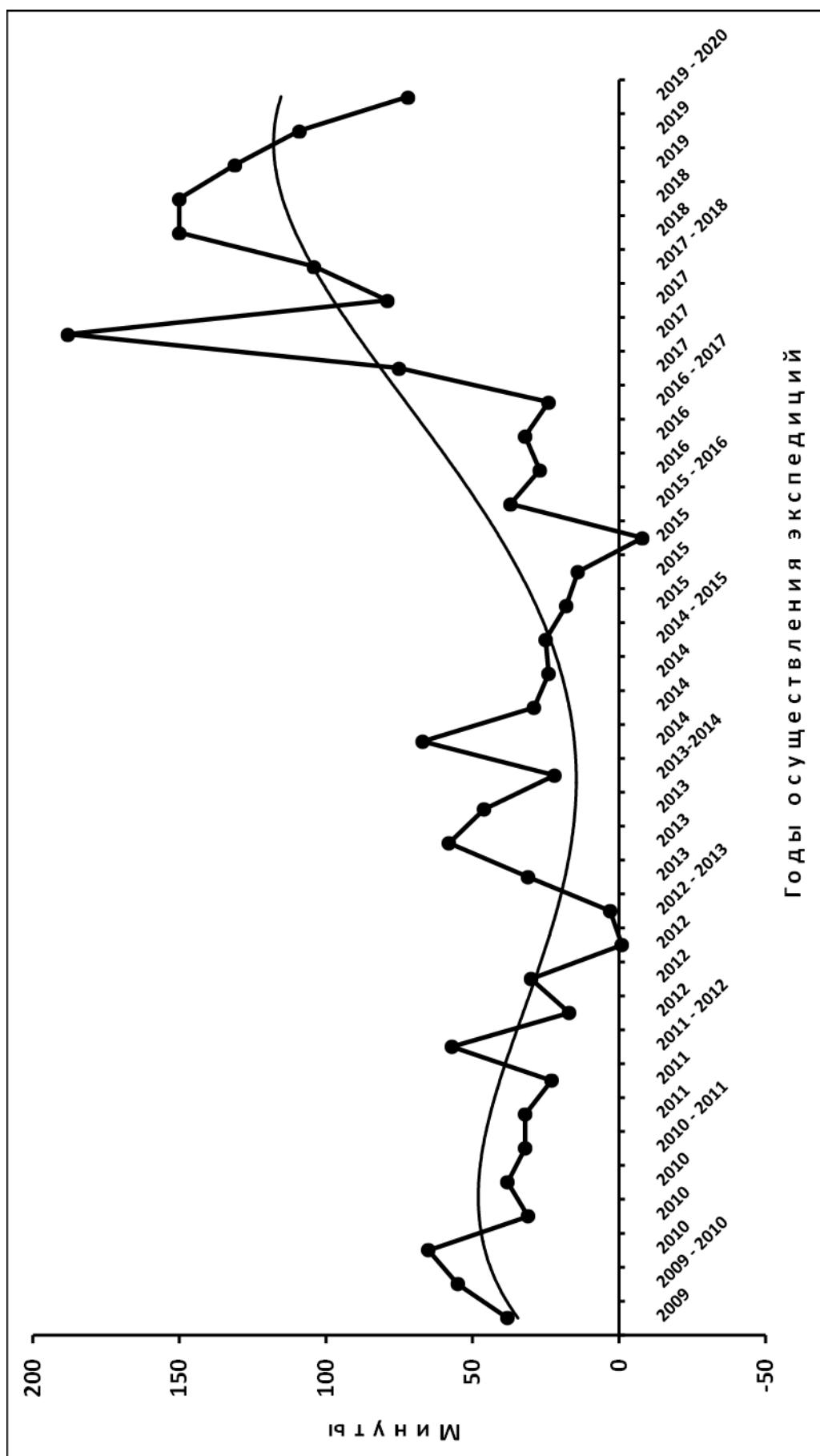


Рисунок 6 – Динамика сверхнормативной занятости 1 участника экспедиции за 1 полетный день

В рамках каждого из 4-х показателей занятости рассмотрели 35 единиц наблюдения, приведенных на рис. 1-4, с разделением на 2 независимые выборки. 1-я выборка (в объеме 26 единиц) включала данные, полученные в экспедициях с участием 3-х человек, 2-я выборка (в объеме 9 единиц) содержала данные, относящиеся к последующим экспедициям в составе 2-х человек. Применительно к каждой выборке подсчитали среднюю арифметическую величину. Результаты представлены в таблице 11, 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 11 – 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

Анализ статистической значимости этих результатов мы начали с показателя общей занятости: все 35 единиц наблюдения, принадлежащих обеим выборкам, подвергли ранжированию в рамках единого ряда. Оказалось, что в ранжированном ряду каждая выборка полностью сохранила свою целостность, и, таким образом, все единицы наблюдений, принадлежащие одной выборке, разместились в верхней части ряда, а все

элементы другой выборки – в нижней его части. Совершенно то же самое было получено и в отношении еще двух показателей – внеплановой и сверхнормативной занятости.

Полагая, что одного этого уже достаточно для того, чтобы разность средних величин, принадлежащих трем названным показателям занятости, признать неслучайной, мы все же не ограничились этими данными, а произвели дополнительные вычисления, позволяющие представить доказательства неслучайности различий в количественной форме, т.е. в измеряемых величинах. Для этого мы использовали прием, описанный Л.С.Каминским (1964), а именно: расчет соотношения двух статистических величин – разности сравниваемых средних и средней (стандартной) ошибки разности – 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 (с.139).

Результаты выполненных расчетов представлены в таблице 12, из которой следует, что повышение рабочей нагрузки после сокращения численности экипажа, обнаруженное в динамике трех из четырех показателей занятости, является достоверным фактом.

А как же обстояло дело с четвертым показателем, характеризующим объем плановой занятости?

Таблица 12 – 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

Оценивая взаимное сходство и различие кривых, представленных на рис. 3-6, можно видеть, что после перехода к полетам с участием 2-х чел. численные значения плановых показателей в сравнении с другими показателями выросли значительно слабее. Об этом говорят и данные таблицы 11. Статистический анализ с построением ранжированного ряда, составленного из двух выборок, принадлежащих полетам с участием 3-х и 2-х чел. показал, что в ранжированном ряду элементы обеих выборок чередовались между собой, так что ни одна из них не сохранила своей целостности. В такой ситуации различия между обеими выборками могли оказаться случайными. Поэтому мы оценили разность средних, относящихся к этим выборкам, путем расчета параметрического критерия t по приведенной выше формуле (Каминский Л.С., 1964). Полученное значение критерия t оказалось равным 2,4, что указывает на случайный характер различий. В дополнение к этому, мы оценили достоверность разницы между средними с помощью непараметрического критерия U Вилкоксона-Манна-Уитни (Гублер Е.В., Генкин А.А., 1973). Результат показал, 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.

В дополнение к выполненным расчетам мы обратились к поэкипажным оценкам занятости и выяснили, что уменьшение численности экипажа с 3-х до 2 чел., т.е. на 33%, сопровождалось уменьшением суммарного (планового

и внепланового) ежесуточного объема работы экипажа примерно с 15 ч (в среднем по данным 1-й выборки) до 13 ч (в среднем по данным 2-й выборки), т.е. всего лишь на 13%. Этого оказалось недостаточно для того, чтобы избежать существенного повышения рабочей занятости каждого из двух остающихся на станции космонавтов.

Из полученных данных следует, что уменьшение численности экипажа с 3 чел. до 2 чел. может приводить к увеличению рабочей нагрузки каждого участника полета и тем самым – к повышению риска развития хронического утомления (переутомления). В подтверждение реальности такого риска мы рассмотрели материалы 29 послеполетных встреч (брифингов) космонавтов с наземными специалистами в поиске субъективных свидетельств утомления, испытанного в ходе полета. 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 (бортинженер сообщил, что «раз три за весь полет чувствовал усталость»), а в брифинге другого космонавта было прямо сказано: «никаких утомлений не возникало». При этом после экспедиций в составе 2 космонавтов субъективные свидетельства утомления обнаружились в 5 из 8 брифингов, т.е. в 63% случаев. Они были настолько очевидными, что их стоит привести здесь в том виде, в каком они были предъявлены.

– «Если бы в этот день нужно было ещё работать, то работали бы, но такая работа не была бы эффективной, потому, что сильно устали...».

– «Надо дать людям отдохнуть, так как от усталости появляются разные ошибки. ... Нужно дать человеку поспать, и потом проводить все работы. Если было бы три человека, было бы полегче».

– Бортинженер о своем партнере по полету: «я видел, что он очень устал, засыпает на ходу». «... хотелось бы чуть-чуть отдохнуть, но было понимание, что отдохнем потом. ... Бывало, что вся суббота уходила на какую-нибудь работу, и работали даже без обеда. Думаешь, что рабочий день был бы проще. ... Вечером в каюту залезешь – и всё, упал спать...

[буквально: работал “до упаду” – Авт.]. Были моменты, что сидишь перед ноутбуком, чувствуешь, что совсем глаза слипаются, просто провалился на пять минут, проснулся отдохнувшим». В своем брифинге этот космонавт два раза повторил словесный оборот «страдать от усталости» – один раз по отношению к себе («реально страдаешь от усталости»), а второй раз – к своему партнеру («видишь, что человек страдает от усталости, а надо работать»).

– «Работы было очень много, и часто чувствовал усталость».

– «Что-то как-то мало вы нам давали отдыхать. С нашими праздниками, которые должны были быть, мы всегда прощались. В выходные тоже нагружали нас. Сильно мы уставали, иногда хотелось просто отдохнуть». На вопрос о том, какие у космонавта есть пожелания, очень эмоционально сказал: «Давайте экипажу отдыхать!!! Проблем не будет».

Сказанное подкрепляет мысль о повышенной опасности переутомления космонавтов в экипажах из 2 человек по сравнению с экипажами из 3 человек.

Вернемся к анализу кривых, представленных на рис. 3-6. Сравнивая между собой эти кривые, мы решили выяснить, как они соотносятся друг с другом. Прежде всего, 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 13.

Таблица 13 — 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.

[Заметим, что численные значения коэффициента корреляции r зависят, помимо прочего, от длины сопоставляемых рядов – чем короче ряды, тем выше должно быть значение r , указывающее на его статистическую значимость. В данном случае с точки зрения оценки тесноты взаимосвязи показателей было бы некорректно сравнивать между собой данные 1-й и 2-й выборок, приведенные в таблице 13, потому что 2-я

выборка значительно короче, и скорее всего именно это обстоятельство, а не разница в тесноте связи является причиной расхождений между обеими выборками в численных значениях r].

Таким образом, статистические расчеты не только подтвердили наше первоначальное предположение о ведущей роли внеплановых работ в происхождении сверхнормативной занятости, но и выявили значимый вклад плановых работ в ее формирование.

Плановым источником сверхнормативной занятости является сверхнормативное планирование, связанное с выполнением особо ответственных операций, требующих для своего осуществления больших временных затрат. К их числу относятся, прежде всего, 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. При этом надо иметь в виду, что не все работы могут быть спланированы заранее, что-то постоянно возникает в текущем порядке (например, нештатные ситуации). Важнее, однако, 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%.].

Одна из причин хронодефицитного планирования кроется в том, что в полетные планы закладываются такие сроки выполнения заданий, которые установлены на земле. Но условия космического полета осложняют деятельность: здесь человек работает медленнее, прежде всего потому, что «в

условиях космического полета простейшие операции с тумблерами и кнопками осложняются огромной ответственностью за судьбу полета и жизнь экипажа» (Мясников В.И. и др., 2000, с. 34). Но это еще не всё. В исследовании О.П. Козеренко и др. (2002) было обнаружено снижение показателей внимания, памяти, быстроты и точности решения когнитивных задач на протяжении 14-месячного полета. Комментируя эти данные, авторы пишут: «Полученные результаты предоставляют экспериментальное подтверждение известных фактов несоответствия временных затрат на рабочие операции в космосе тому времени, которое планируется на их выполнение, исходя из “земной нормы”, на что постоянно указывают экипажи. И дело здесь не только в специфике организации работы в невесомости (подготовке рабочего места, поиске недостающих деталей, исправлении документации и т.д.), но, по-видимому, в формировании функциональных предпосылок ограничения когнитивной работоспособности»¹ (с. 277). По мнению авторов, эти функциональные предпосылки заключаются в перестройке механизмов интегративной деятельности мозга (по-видимому, основную роль в генезе такой перестройки играет невесомость).

Очевидно, указанные обстоятельства необходимо учитывать в процессе планирования, которое должно опираться не на «земные», а на полетные сроки выполнения заданий.

Вторая причина хронодефицитного планирования – перегруженные полетные программы, что на практике выливается в стремление заложить в

¹ Когнитивные функции определяются как виды психической деятельности, направленные на познание человеком самого себя и окружающего мира, а также на целенаправленное взаимодействие с ним. Когнитивный процесс включает 4 основных компонента: (1) восприятие информации; (2) обработку и анализ информации (произвольное внимание, обобщение, выявление сходств и различий, формально-логические операции, установление ассоциативных связей, вынесение умозаключений; (3) запоминание и хранение информации – память; (4) обмен информацией, построение и осуществление программы действий – так называемые экспрессивные функции: речь и навыки целенаправленной двигательной активности (Полуэктов М.Г., 20/2018).

план как можно больше заданий под предлогом повышения научной и экономической эффективности космических полетов.

Важно отметить, что некоторые виды работ намеренно не планируются из-за отсутствия места в перегруженных планах, а если и планируются, то в совершенно недостаточном объеме. Для того чтобы оправдать такое положение дел, эти работы объявляются «инициативными», т.е. выполняемыми по собственному желанию членов экипажей. К ним, в частности, относятся погрузочно-разгрузочные работы с транспортными и грузовыми кораблями, работы по инвентаризации оборудования и по техническому обслуживанию систем и аппаратуры станции. Данные работы являются обязательными и потому должны выполняться в плановом порядке, но на практике они учитываются как внеплановые.

К числу внеплановых мы относим работы по программе Task List. Это контрактные работы, формально они считаются факультативными, но в действительности их выполнение контролируется с Земли.

В разряд внеплановых работ входят также поиски оборудования, необходимого для выполнения очередных плановых операций, в связи с отсутствием должного порядка в его размещении на борту станции.

Представляет интерес вопрос о том, существует ли зависимость объема внеплановых работ от объема планирования по принципу «чем больше плановых работ, тем меньше внеплановых» и наоборот, «чем меньше объем планирования, тем больше внеплановых работ». Судя по значениям коэффициента корреляции, рассчитанным для каждой из двух выборок ($r_1 = 0,168$ и $r_2 = 0,161$), объемы внеплановых работ не зависят от объемов планирования.

Иногда приходится слышать, что низкие показатели планирования рабочего времени (ниже нормативного лимита) избавляют от сверхнормативных работ. Практика показывает, что это не так: даже при низких объемах плановых заданий нормативный лимит, как правило,

перекрывается за счет внеплановых работ, которые, как было показано выше, несут главную ответственность за формирование сверхнормативного уровня рабочей занятости космонавтов. Другими словами, низкие объемы планирования не гарантируют освобождения от сверхнормативных работ. Данный вывод подтверждается расчетами, выполненными на основе использования показателей, приведенных на рис. 4 и 6. Напомним, что эти показатели, соотнесенные с каждым полетом, представляют усредненные объемы плановой (рис. 4) и сверхнормативной (рис. 6) занятости 1 члена экипажа за 1 полетный день. Применительно к этим показателям значение нормативного лимита составляет круглым счетом 5 ч (недельный лимит = 6,5 ч x 5 рабочих дней + 1 ч x 2 дня отдыха = 34 ч 30 мин, а лимит занятости 1 полетного дня = 34 ч 30 мин : 7 = 4 ч 56 мин).

Показатели объемов плановой и сверхнормативной занятости распределились следующим образом (таблица 14). Из этой таблицы следует, что, во-первых, ежедневные объемы плановых заданий, как правило, не превышали нормативного лимита, и, во-вторых, даже при самых низких плановых показателях, характерных для 1-й и 2-й групп, космонавты в подавляющем большинстве случаев выполняли сверхнормативные работы. И это понятно, хотя бы уже потому, что планы являются хронодефицитными. Они создают видимость благополучия, но в действительности требуют для своего выполнения избыточного расхода времени. Космонавты пытаются исправлять ситуацию путем изменения запланированной последовательности рабочих операций, переставляя их в пределах рабочей зоны таким образом, чтобы это позволяло членам экипажа не мешать друг другу и экономить время. Иначе говоря, космонавты создают собственную, более рациональную, композицию элементов рабочего распорядка. В итоге, как заметил один из них, «зачастую план на бумаге выглядит красиво, а практически экипаж работает и живет по своей программе, устанавливает для себя свой РТО».

Таблица 14 – Показатели плановой занятости и соответствующие им показатели сверхнормативной занятости 1 члена экипажа за 1 полетный день

Группы показателей		Диапазон численных значений показателей	
(№№ п/п)	Количество показателей в группе	Плановой занятости	Сверхнормативной занятости
1	4	3 ч 54 мин – 4 ч 12 мин	3 мин (1 показатель), 14 – 29 мин (3 показателя)
2	20	4 ч 18 мин – 4 ч 30 мин	–1 мин (1 показатель), –8 мин (1 показатель), 18 мин – 2 ч 30 мин (18 показателей)
3	10	4 ч 36 мин – 4 ч 54 мин	30 мин – 2 ч 30 мин
4	2	5 ч – 5 ч 06 мин	1 ч 05 мин – 1 ч 49 мин
5	1	6 ч	3 ч 08 мин

Хорошо сказал об этом другой космонавт: «мы всегда помнили, что специалисты планируют РТО по своим правилам, а экипаж живет и работает – по своим... Мы считаем, что большинство космонавтов поддерживает такой принцип построения РТО в полете».

Но такая практика все равно не позволяет избавиться от сверхнормативных работ, отчасти потому, что хронодефицитное планирование – не единственная причина, порождающая внеплановые работы. Существуют и другие источники внеплановых работ, о чем уже было сказано выше. Еще раз подчеркнем: именно внеплановые работы выводят общую занятость космонавтов за пределы нормативного лимита даже в тех

случаях, когда планирование осуществляется значительно ниже нормативного лимита.

Понятно, что внеплановые работы выполняются за счет других элементов суточного распорядка: времени, предназначенного для отдыха (так называемого личного времени, планируемого по рабочим дням), а также для утренней и вечерней подготовки к работе; используется *presleep period* («период перед сном», включающий осмотр систем станции, вечерние гигиенические процедуры и ужин), а иногда – время, высвобождающееся при отмене ранее запланированных работ; бывает, что космонавты занимают работой поздние вечерние часы, запаздывая с отходом ко сну. Потенциальными источниками дополнительного рабочего времени служат выходные дни, потому что незавершенные работы, накопившиеся за неделю, можно закончить в субботу и в воскресенье. По мнению одного из космонавтов, «суббота и воскресенье – это самые лучшие рабочие дни, когда спокойно можно доделать то, что не сделали за неделю, никто тебя не дергает, не контролирует... Если было свободное время, то занимались инвентаризацией, укладкой оборудования». А его партнер по экспедиции добавил: «сказать, что в выходные было много свободного времени, я не могу. Мы всегда находили себе работу даже там, где найти ее сложно. Дни отдыха, которые воспринимались как выходные, можно было по пальцам пересчитать».

Вообще надо сказать, что к работе в дни отдыха космонавты относятся по-разному. По этому поводу существуют две полярные точки зрения. Согласно одной из них, «отдых экипажа – это не его прихоть, не его произвол: использовать это время на отдых или не использовать. Рабочий ресурс экипажа – это такой же ресурс как электричество, как все другие виды ресурсов. Для восстановления этого ресурса требуется отдых, так же, как зарядка для батарей, регенерация – для поглотительных патронов очистки. ... Отдых – не прихоть экипажа, а его право (точнее было бы сказать – обязанность – Авт.), это не его собственность, это общий ресурс программы»

(по: Степанова С.И. и др., 2011, с. 190). Согласно противоположной точке зрения, «...субботу надо сделать рабочей, и вообще, давайте научимся работать по субботам и воскресеньям» (по: Степанова С.И. и др., 2021, с. 190).

В этой связи было интересно выяснить, какие космонавты встречаются чаще: те, кто не стремится занимать работой дни отдыха, либо те, кто с готовностью работает в эти дни. Для этого мы рассчитали показатели внеплановой занятости (ПВЗ) каждого космонавта в среднем за 1 рабочий день ($ПВЗ_{рд}$) и в среднем за 1 день отдыха ($ПВЗ_{до}$). Это позволило получить индивидуальные оценки количественного распределения внеплановых работ между рабочими и выходными днями.

Чтобы упорядочить собранный материал, мы сгруппировали космонавтов по признаку участия каждого из них в том или ином количестве экспедиций. В 1-ю группу вошли 2 чел., каждый из которых был участником единичной, т.е. одной-единственной, экспедиции. Здесь каждый космонавт был представлен одной парой сопоставляемых показателей ($ПВЗ_{рд}$ и $ПВЗ_{до}$). Во 2-ю группу были включены 8 чел., каждый из которых участвовал в 2 разных экспедициях. В этой группе каждый из 8 участников был представлен двумя парами сопоставляемых показателей. Подобным образом сформировалась 3-я группа, составленная из 3 чел., каждый из которых летал в составе 3 разных экспедиций: в этой группе каждый космонавт был представлен тремя парами показателей. Наиболее многочисленной (10 чел.) оказалась 4-я группа, каждый участник которой летал в составе 4 разных экспедиций и соответственно был представлен четырьмя парами сопоставляемых показателей. 5-я группа (3 чел.) была образована участниками 5 разных экспедиций, и каждый участник был представлен пятью парами показателей. И, наконец, 6-я группа (3 чел.) сложилась из участников 6 разных экспедиций, каждый из которых был представлен шестью парами сопоставляемых показателей. Суммарное количество пар в

рамках каждой группы равнялось произведению численности группы на количество экспедиций, выполненных космонавтами, входящими в ее состав. В результате, в 1-й группе оказалось 2 пары сопоставляемых показателей, во 2-й группе – 16 пар, в 3-й группе – 9 пар, в 4-й – 40 пар, в 5-й – 15 пар и в 6-й – 18 пар, в общей совокупности это составило 100 пар.

Далее, в рамках каждой группы применительно к каждому ее участнику подсчитали количество вариантов, отмеченных:

- 1) превосходством $PВЗ_{рд}$ над $PВЗ_{до}$ ($PВЗ_{рд} > PВЗ_{до}$);
- 2) превосходством $PВЗ_{до}$ над $PВЗ_{рд}$ ($PВЗ_{до} > PВЗ_{рд}$);
- 3) взаимной близостью значений $PВЗ_{рд}$ и $PВЗ_{до}$ ($PВЗ_{рд} \approx PВЗ_{до}$)

[близкими считались значения показателей, разность между которыми не превышала 5 минут].

Полученные результаты представлены в таблице 15. Данные, приведенные в этой таблице, с очевидностью свидетельствуют о том, что подавляющее большинство индивидуальных вариантов было отмечено превосходством $PВЗ_{до}$ над $PВЗ_{рд}$, и на этом основании следует считать, что внеплановая занятость в дни отдыха большей частью была выше, чем в рабочие дни.

Вернемся к вопросу о том, какие космонавты встречаются чаще – те, кто не стремится занимать работой дни отдыха, либо те, кто с готовностью работает в эти дни. Сразу отметим, что к представителям первых трех групп (участникам от одной до трех экспедиций) такая постановка вопроса вообще неприменима, поскольку в данном случае речь идет об оценке собственного человеку поведения, а такая оценка требует достаточно длительного наблюдения с многократной фиксацией изучаемых признаков. Исходя из этого, мы сочли возможным рассмотреть только тот материал, который принадлежал участникам четырех и более экспедиций. Таких участников было 16 человек. В их числе оказались 7 космонавтов, выступающих

Таблица 15 – Количественная представленность индивидуальных вариантов соотношения $ПВЗ_{рд}$ и $ПВЗ_{до}$ в каждой из 6 групп космонавтов

Группы космонавтов	$ПВЗ_{рд} > ПВЗ_{до}$	$ПВЗ_{до} > ПВЗ_{рд}$	$ПВЗ_{рд} \approx ПВЗ_{до}$
1	0	1	1
2	1	12	3
3	1	6	2
4	4	32	4
5	1	13	1
6	1	14	3
Всего:	8	78	14

в нашей работе под условными номерами 1-7, у каждого из которых значения $ПВЗ$, рассчитанные применительно к дням отдыха, были неизменно и статистически значимо ($p < 0,05$ и $p < 0,01$ по критерию U Вилкоксона-Манна-Уитни, Гублер Е.В., Генкин А.А., 1973) выше, чем значения $ПВЗ$, рассчитанные применительно к рабочим дням (рис. 7-13). При такой регулярности можно предполагать, что эти космонавты сознательно стремились использовать дни отдыха для внеплановых работ. По каким соображениям? Об этом некоторые из них говорили сами. Ниже приводятся их высказывания.

Космонавт № 1. Полет в составе экипажа из 3-х человек. В дни отдыха по своей инициативе выполнил большой объем внеплановых работ. Две трети выходных дней практически были заняты работой. На вопрос, что заставляло это делать, ответил: «Когда приходит новый грузовик, то в первые 2-3 дня нам планируют работы по разгрузке срочных грузов, а далее –

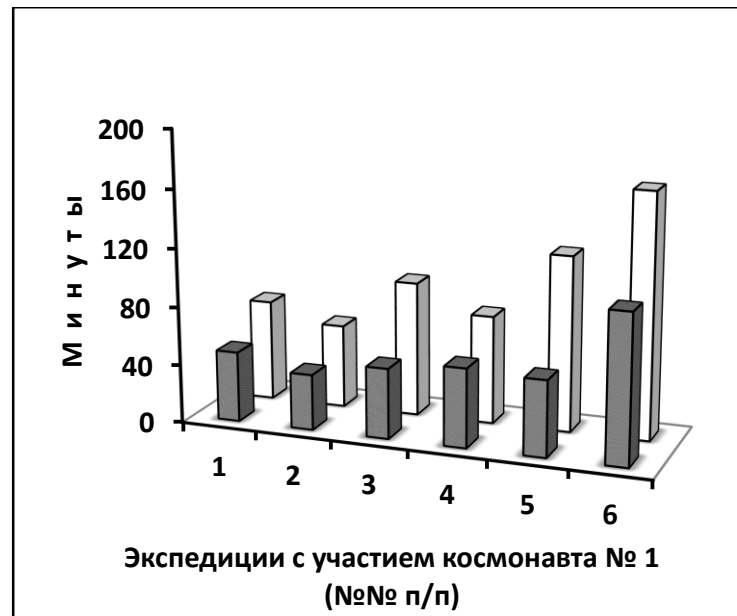


Рисунок 7 – Объемы внеплановой занятости космонавта №1 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-4 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа, 5-6 - экспедиции с участием 2 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

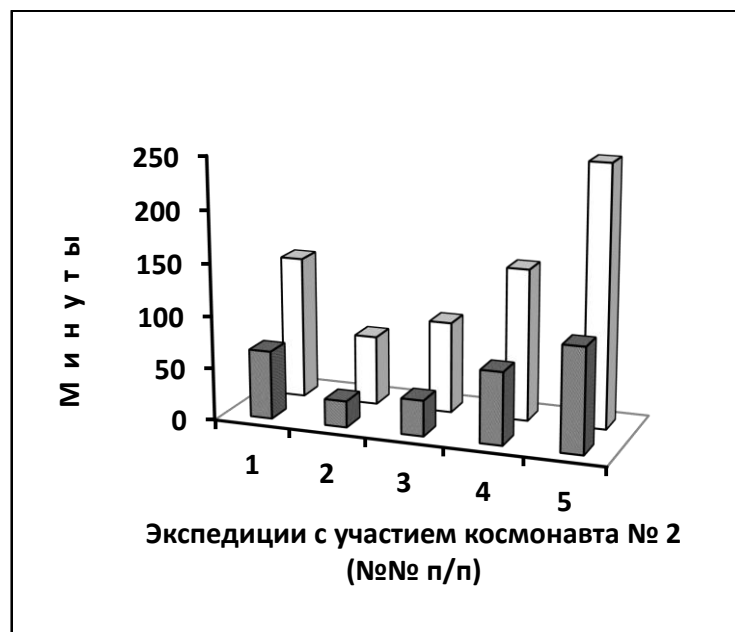


Рисунок 8 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 2 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-3 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа, 4-5 - экспедиции с участием 2 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

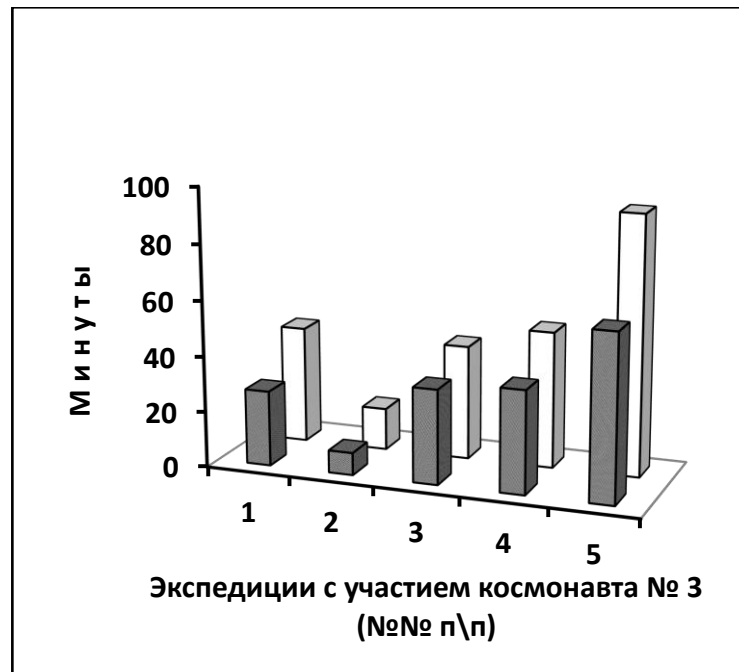


Рисунок 9 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 3 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-4 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа, 5 - экспедиция с участием 2 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха



Рисунок 10 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 4 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-2 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа, 3-4 - экспедиции с участием 2 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

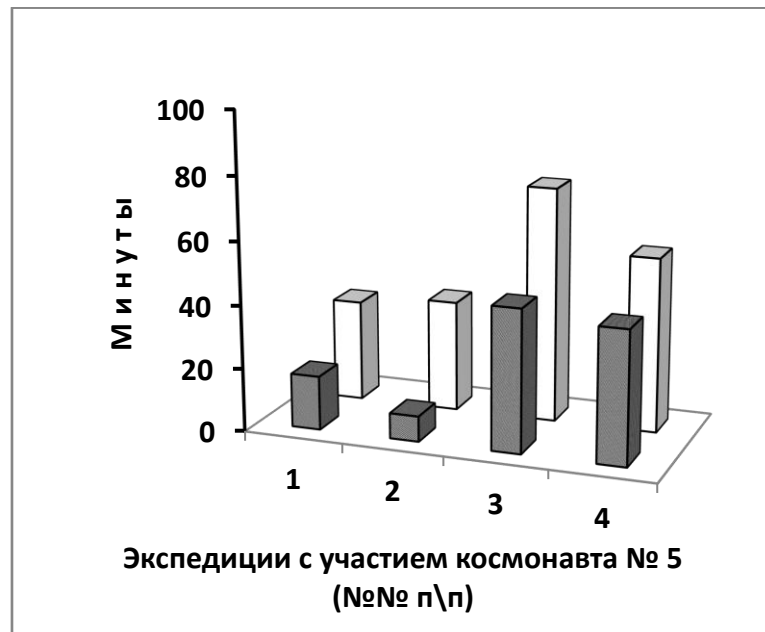


Рисунок 11 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 5 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-4 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

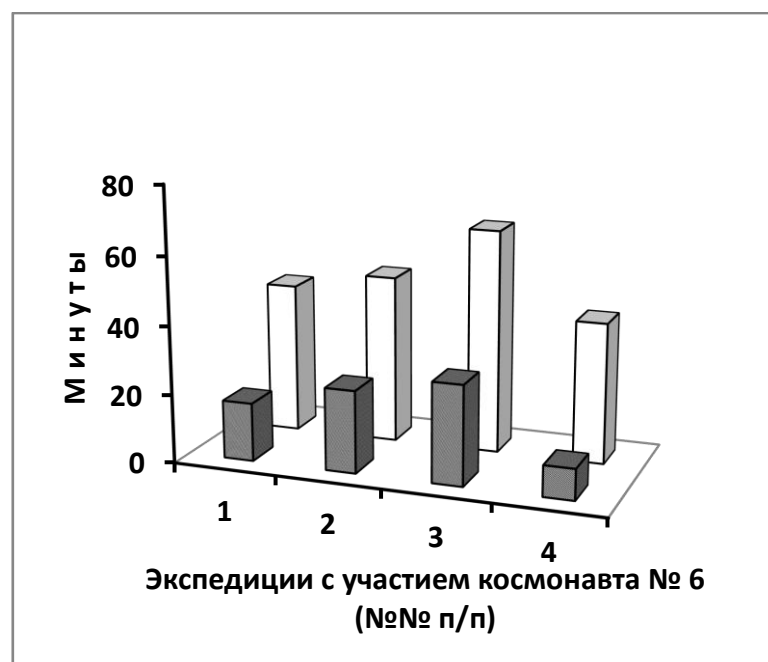


Рисунок 12 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 6 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-4 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

всё на усмотрение экипажа. А кто разгружать будет? ... К станции надо подходить, как к своему хозяйству, как к своему дому. ... И делал я это, чтобы разгрузить рабочие дни».



Рисунок 13 – Объемы внеплановой занятости космонавта № 6 в среднем за 1 рабочий день и за 1 день отдыха. 1-2 – экспедиции с участием 3 российских членов экипажа, 3-4 – экспедиции с участием 2 российских членов экипажа. Темные столбики – показатели рабочего дня, светлые столбики - показатели дня отдыха

Тот же космонавт № 1. Полет в составе экипажа из 2-х человек. Считает, что увеличение количества рабочих дней в неделю – это нормально. Но на дни отдыха необходимо планировать более легкие работы.

[Наш комментарий. Эти замечания свидетельствуют, прежде всего, о готовности космонавта брать на себя внеплановую работу, предназначенную для экипажа в целом, по принципу «если не я, то кто же?» Как заметил по этому поводу канадский астронавт К. Хэдфилд (2016, с. 221), «на МКС нужно быть готовым добровольно и с радостью браться за любую работу, начиная с той, которая у всех на виду, и заканчивая какой-нибудь заменой кабеля антенны просто потому, что эту работу больше сделать некому».

Вместе с тем, в словах космонавта № 1 чувствуется его искренняя преданность своему делу, что проявляется в отношении к станции как к личному жизненному пространству, которое надо беречь и о котором надо заботиться. И, наконец, в этих высказываниях отражается осознанное стремление выполнять работу в нужном объеме за счет времени, предназначенного для субботнего и воскресного отдыха. По-видимому, при этом космонавт № 1 опирается на собственный «земной» опыт. Действительно, в «земной» жизни можно допускать эпизодические переработки, но только при условии, если есть возможность свободно распоряжаться своим временем: работать, пока чувствуешь бодрость, и переходить к отдыху при первых признаках усталости. Но в космическом полете рабочий день космонавта расписан буквально по минутам, да и условия для полноценного отдыха здесь не самые лучшие. Поэтому посвящать работе выходные дни в космическом полете – это ненормально: такая оценка исходит из требований полетных документов, согласно которым недельный график предусматривает 5 рабочих дней и 2 дня отдыха, что и нужно считать нормальным.].

Космонавт № 2. Полет в составе экипажа из 3-х человек. «У нас было много работы. Все космонавты, принимающие участие в работе на МКС, понимают, что летят не на курорт. ... Мы же понимали: полетели всего на полгода, поэтому 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. Работы по Task List также старались сделать в максимальном объеме, так как понимали, что ученые на Земле ждут наших результатов».

[Наш комментарий. Ключевые слова этого сообщения – «летим работать, а не отдыхать». Здесь работа и отдых противопоставлены друг другу, но в действительности они содружественны: с одной стороны, как говорят, «без труда и отдых не сладок», а с другой стороны, «отдохнувший

работник злее работает». «Отдых и труд неразлучны как веко и глаз», – говорил индийский писатель и общественный деятель Рабиндранат Тагор (<https://citaty.su/citaty-i-aforizmy-pro-otdyx>). 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 непонятно многим, – и не только космонавтам, но и некоторым представителям космической медицины.

К отдыху надо подходить со всей ответственностью, с пониманием того, что, как отдохнешь, так и поработаешь. По словам американского менеджера Тома Хопкинса, «лучшие работники больше других работают и больше других отдыхают» (<https://citaty.su/citaty-i-aforizmy-pro-otdyx>].

Космонавт № 3. Полет в составе экипажа из 3-х человек. По поводу выполнения большого объема внеплановых работ в дни отдыха сказал: «Было желание работать и осознанная необходимость». А его партнер по полету добавил: «Иногда даже планировалось слишком много времени для отдыха, когда планировали по 3 дня отдыха подряд (Новогодние праздники, Рождество – в эти дни планировалась легкая работа). В эти дни даже скучали по работе, и после их окончания тяжело было втягиваться в обычный рабочий ритм. ... Для меня отдых – это когда объем работы несколько снижен, когда мне не диктуют распорядок, не предписывают время выполнения той или иной операции, когда у меня есть возможность жить по своему распорядку».

[Наш комментарий. Российская полетная документация обязывает предоставлять экипажу 2 дня отдыха в неделю (с объемом плановых работ не

более 1 часа в день). В праздничный день, если он дополняет 2 штатных дня отдыха, объем плановых работ также не должен превышать 1 часа, что не исключает возможности выполнения в этот день внеплановых работ по желанию членов экипажа; важно только, чтобы этих работ было не слишком много, и лучше, если космонавты будут выполнять их без напряжения или даже с удовольствием. Как заметил один из космонавтов (имея в виду Task List), «наблюдение за Землей и фотографирование Земли – это и есть отдых. Только устаешь от компьютера при обработке фотографий».]

Космонавт № 7. Полет в составе экипажа из 2-х человек. «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, например, загрузка транспортного грузового корабля или работы с фотографиями, они требуют большого количества времени».

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.

В продолжение этого анализа применительно к каждому из 16 космонавтов мы рассчитали средние значения $PВЗ_{рд}$ (M_1) и $PВЗ_{до}$ (M_2) за все экспедиции, в которых он принял участие, а затем вычислили процентное отношение M_2 к M_1 , что позволило количественно оценить степень превосходства внеплановой занятости в дни отдыха над внеплановой занятостью в рабочие дни. Результаты представлены в таблице 16. Как показывают данные этой таблицы, 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 обязательным,

Таблица 16 – Индивидуальные значения показателей M_1 , M_2 и отношения $\frac{M_2}{M_1} \%$

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%

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.

По поводу объемов внеплановой занятости следует также сказать, что в отличие от космонавтов 1-7, у космонавтов № 8-16 не наблюдалось устойчивой тенденции к превосходству дней отдыха над рабочими днями: у каждого из них одна или две экспедиции были отмечены превосходством рабочих дней, либо близким сходством рабочих дней с днями отдыха. Но тех, кто сознательно и систематически оберегал бы дни отдыха от внеплановых работ, мы не обнаружили.

К сказанному надо добавить, что внеплановые работы в дни отдыха позволяют мысленно нарастить количество рабочих дней сверх того их числа, которое было официально зарегистрировано в ходе экспедиции.

Дополнительные (виртуальные) рабочие дни незримо присутствуют под маской выходных дней. Их количество в каждой экспедиции зависит от объема внеплановой занятости, от длительности экспедиции и от численности экипажа. Мы рассчитали показатели количества добавочных рабочих дней применительно к каждому космонавту в рамках каждой экспедиции. Расчет производили следующим образом. Допустим, космонавт № 1, участвуя в составе данной конкретной экспедиции, в дни отдыха выполнил внеплановые работы в суммарном объеме 37 ч 35 мин. Если разделить эту сумму на 6,5 ч (нормативный лимит занятости 1 рабочего дня), получим 5,8 дней. Это и есть искомое количество виртуальных рабочих дней, дополняющих совокупность официальных рабочих дней.

Согласно расчетным данным, количественные показатели виртуальных рабочих дней, полученные у каждого космонавта в ходе каждой экспедиции (напомним, что в рассмотренных экспедициях приняли участие в совокупности 100 членов экипажей), находились в прямой корреляционной зависимости на уровне умеренной тесноты связи с продолжительностью экспедиции ($r = 0,475$ при $p < 0,0005$) и на уровне заметной тесноты связи – с количеством рабочих дней в каждой экспедиции ($r = 0,515$ при $p < 0,0005$) (Каминский Л.С., 1964; Гублер Е.В., Генкин А.А., 1973).

Для сравнительной оценки зависимости количества виртуальных рабочих дней от численности экипажа мы рассмотрели полученный материал в рамках двух отдельных выборок, которые использовались ранее (1-я выборка – экспедиции с участием 3-х человек и 2-я – последующие экспедиции с участием 2-х человек). Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Количество официальных и виртуальных рабочих дней в экспедициях с участием 2-х (1-я выборка) и 3-х (2-я выборка) российских космонавтов

Выборки	Диапазон вариаций и средние арифметические значения (х) индивидуальных показателей количества рабочих дней в расчете на 1 экспедицию	
	Официальных	Виртуальных
1-я	18 - 86 (х = 52)	0 – 14 (х = 3)
2-я	30 – 83 (х = 56)	2 – 20 (х = 10)

Данные этой таблицы показывают, что по количеству официальных рабочих дней обе выборки в среднем практически не различались, в то время как по количеству виртуальных рабочих дней 1-я выборка заметно уступала второй. Иначе говоря, в экспедициях с участием 2-х космонавтов количество виртуальных рабочих дней в среднем было намного (в 3 раза) больше, чем в экспедициях с участием 3-х космонавтов. При этом в обеих выборках встречались космонавты, у которых виртуальная прибавка к официальным рабочим дням достигала 14 дней и даже 20 дней. И это всё приводило к фактическому сокращению дней отдыха.

Учитывая, что виртуальные рабочие дни открывают дополнительные возможности повышения научной и экономической эффективности полетов, не приходится удивляться замечанию одного из космонавтов, что «Земля в последнее время как-то индифферентно к этому относилась». Это было сказано в 2010 году после завершения экспедиции с участием 3 человек. Как следует из таблицы 17, в экспедициях с участием 2-х человек (2017 – 2020 гг.) ситуация намного ухудшилась. Надо отметить, что для компенсации переработок космонавтам в ряде случаев (в частности, после выполнения внекорабельной деятельности) предоставляется дополнительное время для отдыха, однако, судя по частоте жалоб на утомление, обнаруженных в

последние годы в 5 из 8 послеполетных брифингов (эти данные приведены выше), компенсация, если и наступает, то ненадолго.

Таким образом, результаты нашего исследования показали, что среди космонавтов встречаются люди (по нашим данным, их насчитывается, как минимум, 4 из 16, т.е. 25%), которые меньше других заинтересованы в полноценном использовании дней отдыха по прямому назначению. Основной потребностью этих людей является работа, которой они охотно уделяют время не только в рабочие, но и в выходные дни, и этой тактики они придерживаются как в полете, так и в обыденной жизни. В результате дни, предназначенные для отдыха, превращаются в рабочие дни. [Заметим, что, по данным И.П. Пономаревой (1976), приоритетная мотивация на выполнение профессиональной деятельности с игнорированием потребности организма в отдыхе характерна для 31% космонавтов] (по: Мясников В.И. и др., 2000, с. 60).

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, – если этого потребует ситуация, – 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. «Если ты не можешь найти время для отдыха, тебе очень скоро придется найти время для лечения», - говорил американский бизнесмен Джон Уэйнмейкер (<https://citaty.su/citaty-i-aforizmy-pro-otdyx>). В то же время, «тот, кто может отдохнуть, превосходит того, кто может брать города» (Бенджамин Франклин, политический деятель, философ, писатель США – <https://socratify.net/quotes/bendzhamin-franklin/27493>). 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.

Выяснилось также, что одна из ключевых проблем организации труда и отдыха участников космических полетов состоит в больших объемах внеплановых работ. Отчасти они (объемы внеплановых работ) зависят от конкретных обстоятельств, складывающихся в полете, например, от возникновения нештатной ситуации, требующей срочной ликвидации, а отчасти – от персональных особенностей поведения космонавта (готовности к инициативному принятию на себя сверхплановой работы, либо, наоборот, склонности избегать дополнительных нагрузок, ограничиваясь выполнением плановых заданий).

Большой объем внеплановых работ должен рассматриваться как предпосылка развития хронического утомления и снижения качества профессиональной деятельности членов экипажа, тем более, если при этом существенно ограничиваются возможности полноценного отдыха в выходные дни. Пренебрежение медицинскими требованиями к регламентации рабочего времени может обернуться ухудшением здоровья и падением работоспособности членов экипажей, что следует учитывать в орбитальных и особенно в межпланетных космических полетах.

[Между прочим, не надо думать, что если работы внеплановые, то они не имеют отношения к планированию. Напротив, внеплановые работы, если не во всем, то во многом, связаны с хронодефицитным планированием, которое является следствием перегруженных полетных программ.].

Большие объемы внеплановых работ приводят к систематической сверхнормативной занятости космонавтов. Сверхнормативные работы прочно закрепились в практике отечественной космонавтики.

Как следует относиться к факту сверхнормативных работ? Для ответа на этот вопрос нужно, прежде всего, оценить сам норматив, точнее, понять, какими соображениями он продиктован.

Прежде всего, нужно учитывать, что профессия космонавта во многом связана с операторской деятельностью. Имеются многочисленные данные, свидетельствующие о том, что непрерывная продолжительность безошибочной работы операторов разных специальностей не должна превышать 3-4 часов (Алякринский Б.С., 1975). В ситуации космического полета, отмеченной чрезвычайной насыщенностью полетных программ, необходимо, чтобы рабочее время космонавтов, как минимум, укладывалось в пределы земных нормативов. В соответствии с Трудовым законодательством нашей страны продолжительность 5-дневной рабочей недели у лиц экстремальных профессий должна быть не выше 36 часов, что соответствует продолжительности рабочего дня 7 ч 12 мин.

Здесь уместно еще раз подтвердить то, что уже было сказано в обзоре литературы: условия космического полета насыщены стрессорами, которые существенно осложняют деятельность космонавтов. Такими стрессорами служат: риск, сопутствующий полету; сенсорная депривация; длительное пребывание в ограниченном замкнутом пространстве в составе малой группы; высокий уровень шума; резкое сужение круга внешних (физических и социальных) указателей времени суток (так называемых датчиков времени); нештатные ситуации; неудобные спальные места; колебания микроклимата с отклонениями от оптимальных значений. Что касается психологических эффектов воздействия этих стрессоров, в их числе, прежде всего, нужно назвать чувство опасности, тревожное ожидание внезапных осложнений; переживания, обусловленные дефицитом привычных жизненных впечатлений, в том числе, ограничением контактов с родственниками и друзьями; раздражительность, ухудшение межличностных отношений в общении с партнерами и с наземным персоналом. Все эти проявления можно квалифицировать как признаки психического (эмоционального) стресса. Возможны также нарушения сна с ухудшением его качества и уменьшением продолжительности. Кроме того, в космосе на человека воздействует ряд факторов, определяющих специфику

космического полета и способных оказывать негативное влияние не только на соматическую, но и на психическую сферу человека. Главнейшим из них является невесомость. Как отмечают В.И. Мясников и др. (2000), соматические эффекты невесомости создают предпосылки появления негативных сомато-психических реакций, таких как ухудшение операторской бдительности, распределения и сосредоточения внимания, снижение когнитивной работоспособности.

Совокупность перечисленных факторов и их негативных эффектов дает основания считать, что лимит рабочей занятости в космосе должен быть ниже земного уровня. Тем более что в современных космических объектах нет специально оборудованных зон отдыха, где поддерживались бы условия, способствующие снятию утомления и облегчающие процесс восстановления работоспособности. Поэтому в космическом полете так важно заботиться о профилактике утомления, о том, чтобы не доводить организм до переутомления, и с этой точки зрения «космический» лимит 6,5 ч является вполне оправданным.

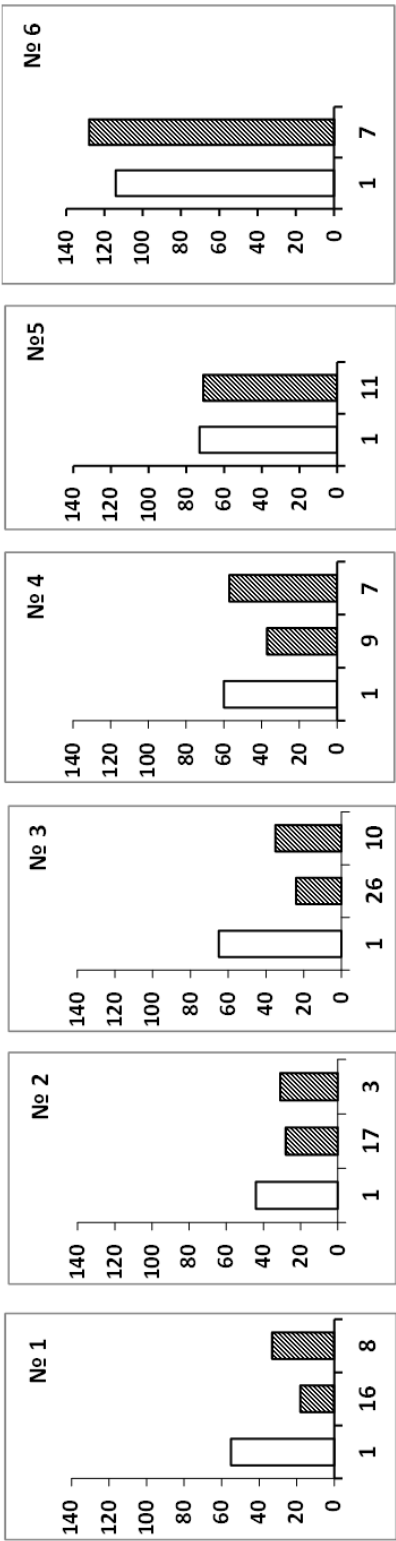
Как же все-таки относиться к тому, что сверхнормативные работы в отечественной космонавтике приобрели систематический характер? Ответ однозначен: необходимо прекратить практику сверхнормативных работ и обеспечить реализацию медицинских регламентов, отраженных в полетной документации. Для того чтобы медицинские требования к ограничению рабочих нагрузок не оставались на бумаге, необходимо прежде всего разгрузить российские полетные программы и привести их в соответствие с численностью российских экипажей МКС на базе 6,5-часового лимита рабочей занятости. Такое соответствие в сочетании с планированием на основе полетных нормативов позволит отказаться от хронодефицитного планирования. И наряду с этим, нужно формировать у космонавтов и у всех лиц, причастных к обеспечению полетов, понимание необходимости использования дней отдыха по прямому назначению, не загружая их внеплановыми работами.

Рассматривая полученный материал и опираясь на собственный опыт мониторинга РТО, мы надеялись встретить таких космонавтов, которые в рамках каждой выполненной экспедиции работали больше своих партнеров, прежде всего, за счет внеплановой занятости. Мы исходили из того, что индивидуальные объемы внеплановых работ в какой-то степени отражают готовность человека браться за любую работу не по формальной обязанности, но из желания помогать своим спутникам справляться с высокими рабочими нагрузками. С этой точки зрения, готовность работать больше других может указывать на внимательное, заботливое отношение к окружающим в экстремальных условиях космического полета, и, в конечном счете, – на альтруистическую ориентацию характера человека,

Результаты наших исследований в этом направлении показаны на рис. 14-21. На этих рисунках представлены показатели внеплановой занятости, принадлежащие 16 космонавтам. Каждый из этих космонавтов был обязательным участником 4 – 6 экспедиций, сгруппированных по факту присутствия в их составе одного и того же лица. Для удобства изложения мы называли этого персонажа «узловым», желая подчеркнуть, что именно он был в центре нашего внимания, и именно на него был нацелен вопрос о превосходстве в занятости над своими партнерами.

На рис. 14-21 данные каждого «узлового» участника, сопоставленные с данными его партнеров, приводятся в рамках каждой отдельно взятой экспедиции. В процессе визуального анализа этих диаграмм в русле поставленной задачи мы учитывали только те случаи, в которых показатели «узлового» космонавта были выше, чем показатели *всех* остальных членов данной экспедиции, причем эта разница была выражена настолько заметно, чтобы можно было считать ее убедительным свидетельством превосходства «узлового» космонавта над его партнерами. По сути дела, это был экспертный анализ с присущими ему достоинствами (простота применения) и недостатками (субъективные оценки, отсутствие четких количественных критериев).

Космонавт № 1



Космонавт № 2

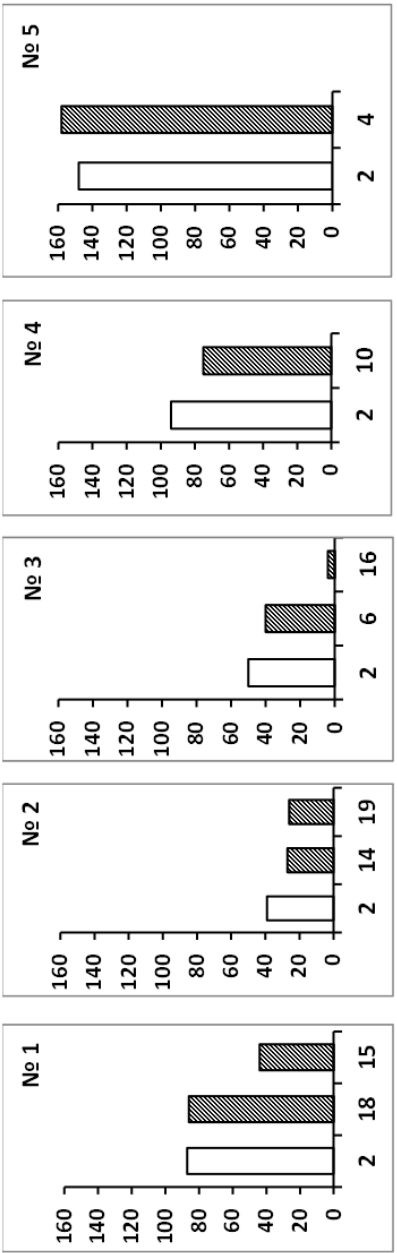
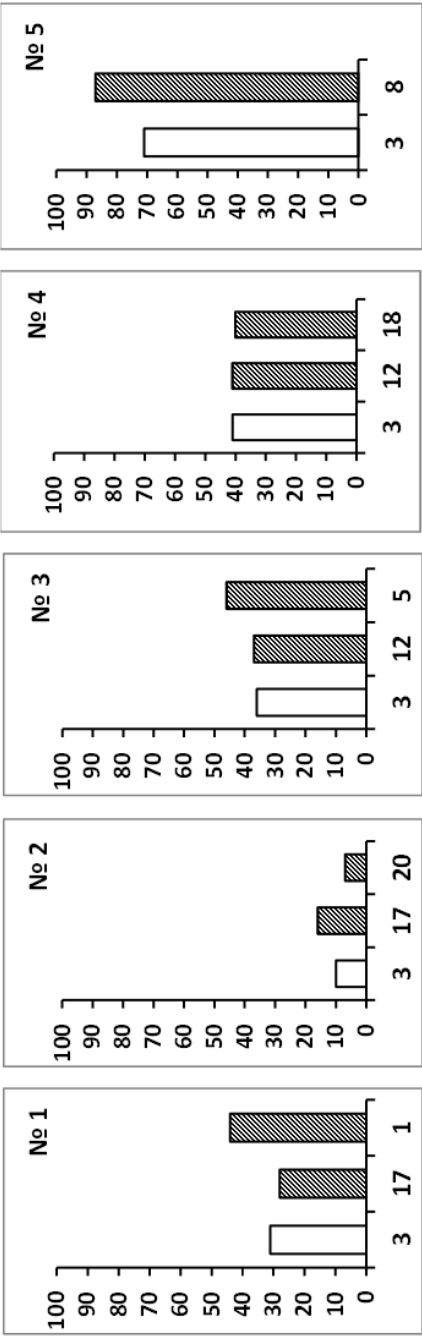


Рисунок 14 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 1 и № 2 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; вверх – порядок номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 3



Космонавт № 4

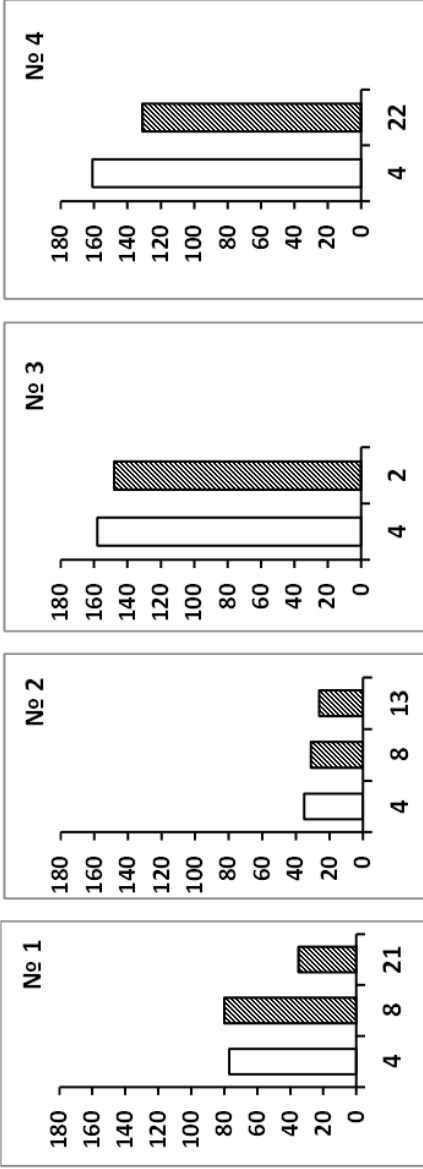


Рисунок 15 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 3 и № 4 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

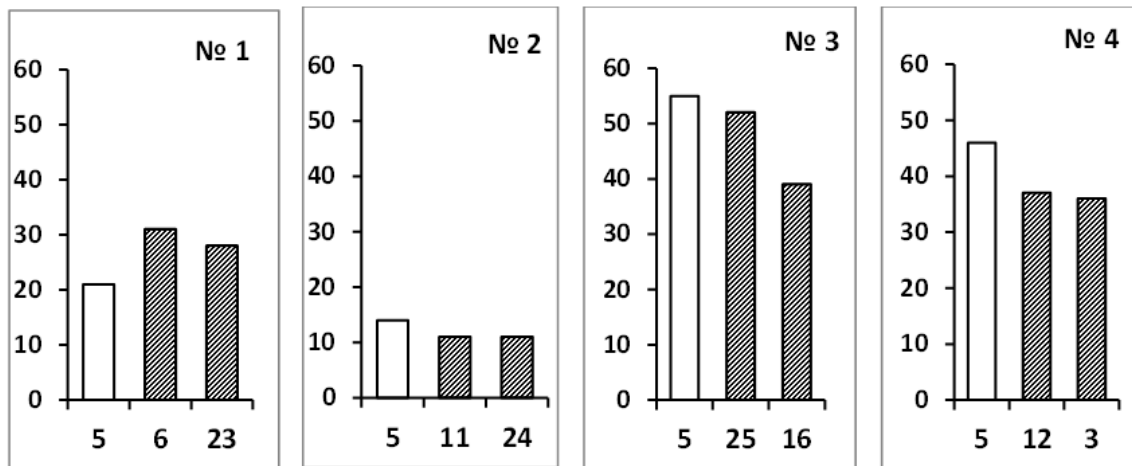
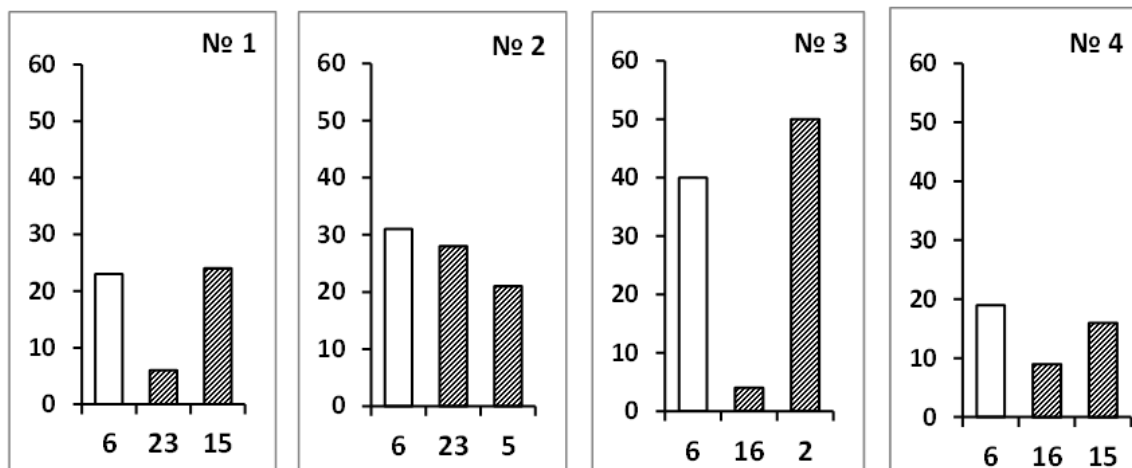
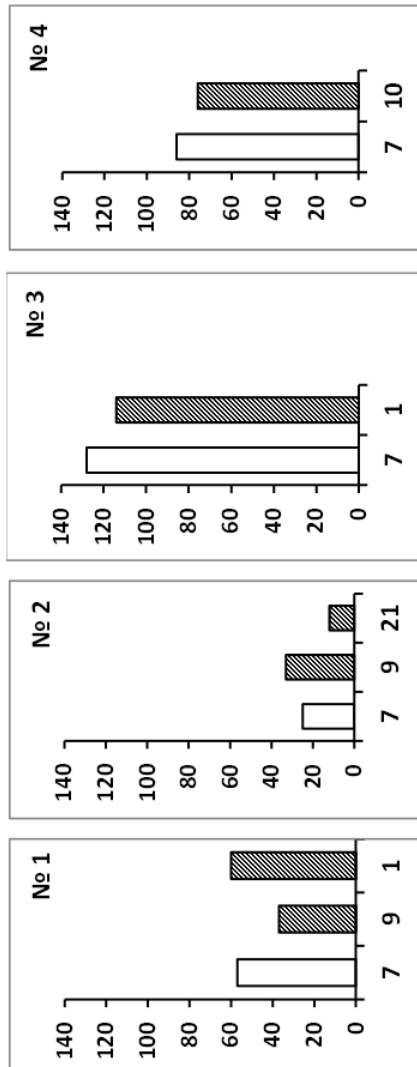
Космонавт № 5**Космонавт № 6**

Рисунок 16 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 5 и № 6 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 7



Космонавт № 8

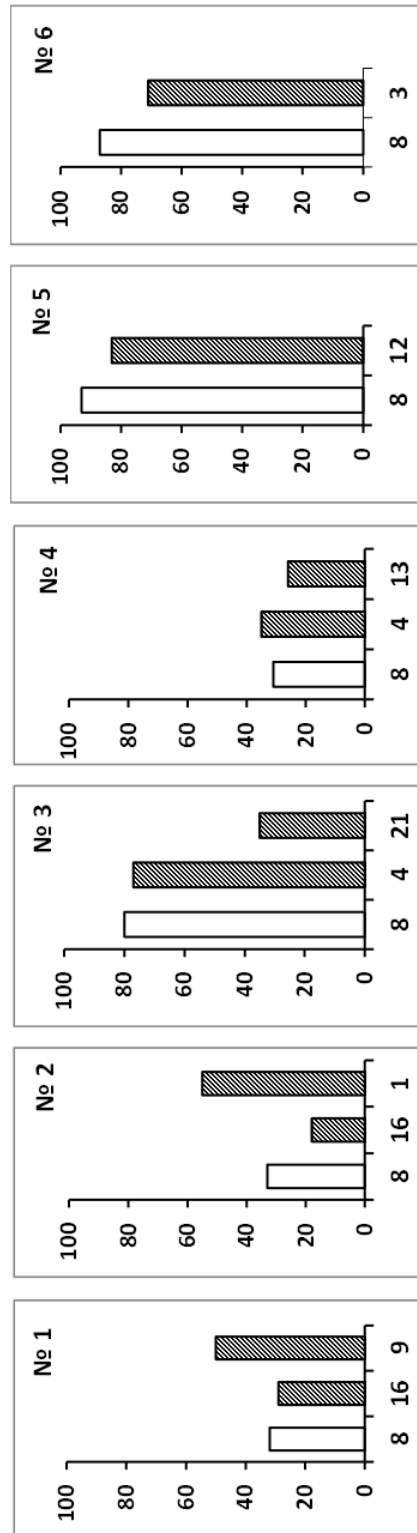
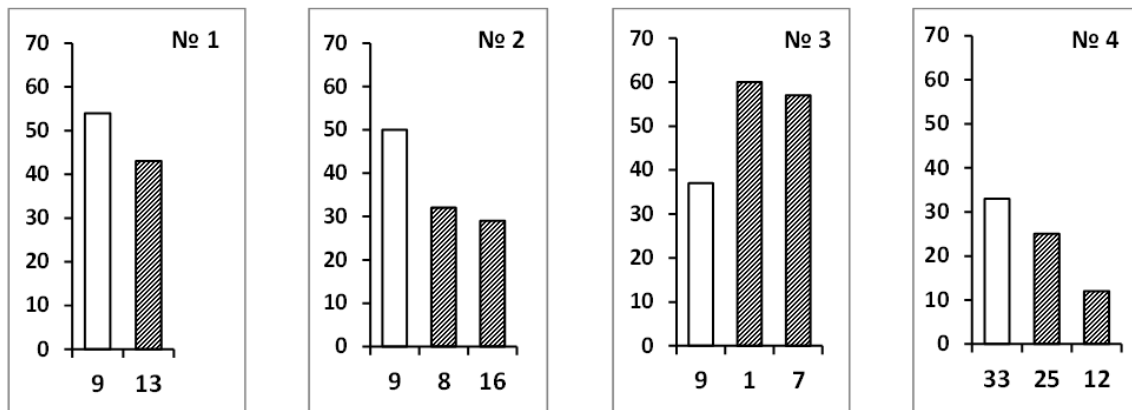


Рисунок 17 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 5 и № 6 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 9



Космонавт № 10

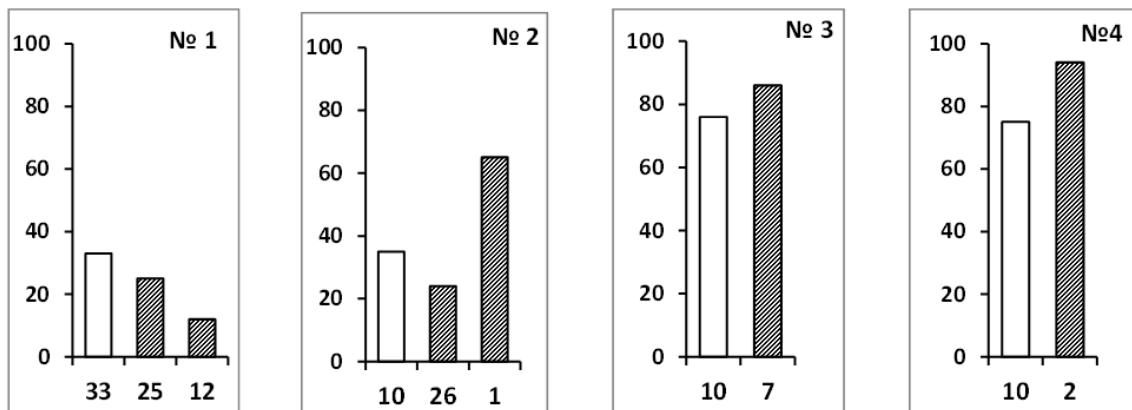
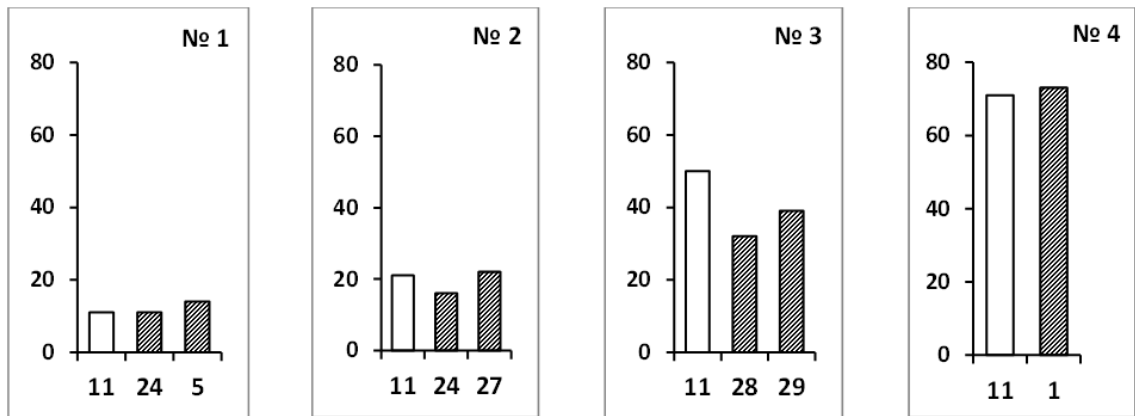


Рисунок 18 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 9 и № 10 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 11



Космонавт № 12

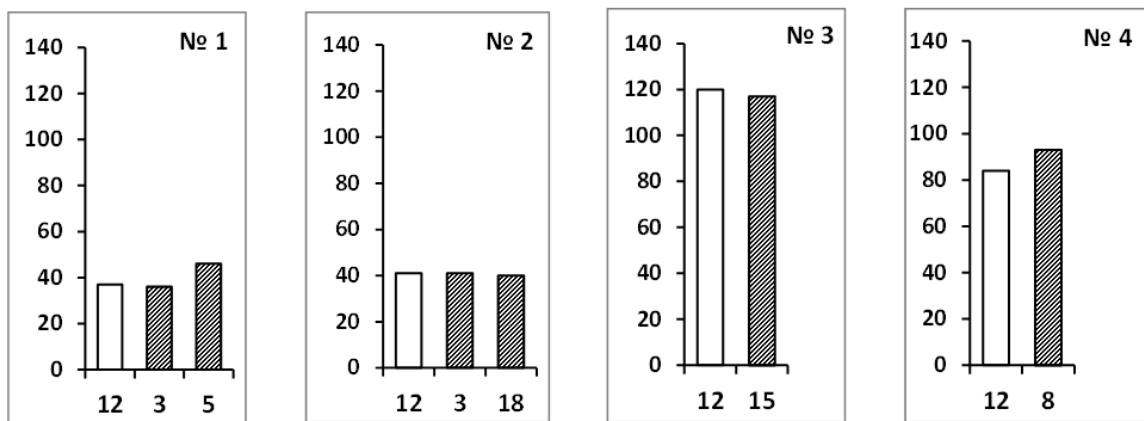
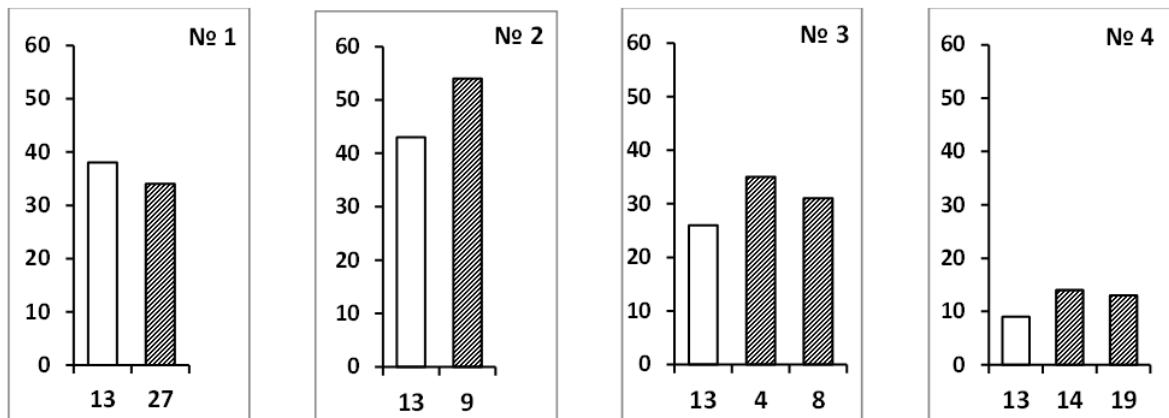


Рисунок 19 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 11 и № 12 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 13



Космонавт № 14

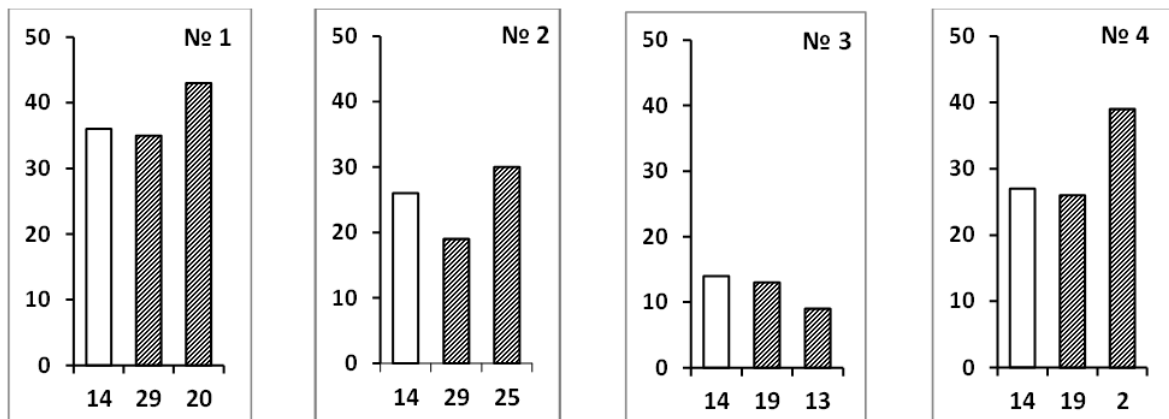
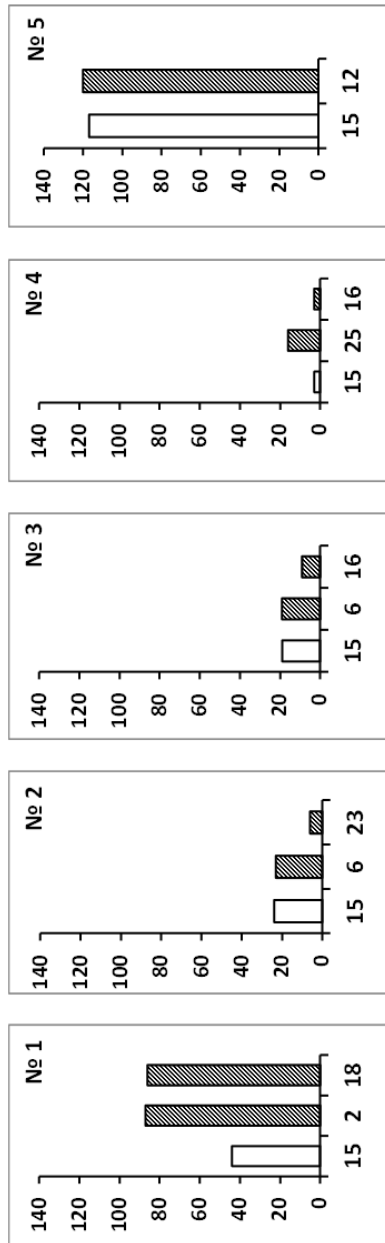


Рисунок 20 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 13 и № 14 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

Космонавт № 15



Космонавт № 16

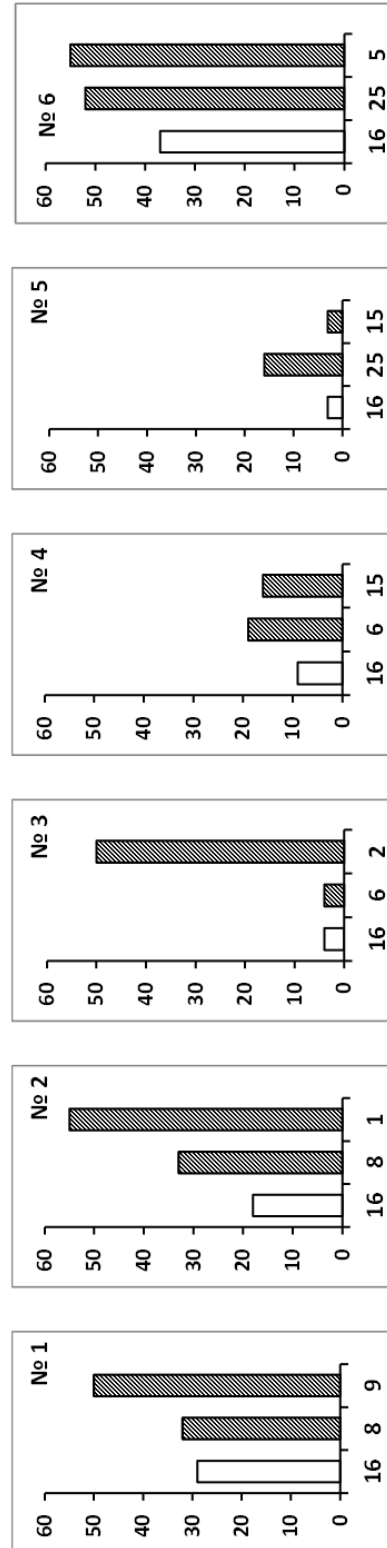


Рисунок 21 – Индивидуальные показатели суммарного объема внеплановой занятости в рабочие и выходные дни, рассчитанные на 1 полетный день, полученные у космонавтов № 5 и № 6 в каждой экспедиции с их участием (белые столбики), сопоставленные с аналогичными показателями, полученными у их партнеров по экспедициям (заштрихованные столбики). Абсцисса – условные номера космонавтов; ордината – минуты; сверху – порядковый номер экспедиций, расположенных в хронологической последовательности

В результате нам удалось выявить одного космонавта, отчетливо превосходившего своих спутников по объему внеплановой занятости в 3 из 4 рассмотренных экспедиций, т.е. в 75% случаев (№ 9 – рис. 18). Этому космонавту скорее, чем остальным, можно приписать желание помогать в работе своим партнерам по экспедиции. Есть основания предполагать, что в последующих полетах он, скорее всего, стал бы активно взаимодействовать с другими членами экипажа, принимая на себя часть внеплановой работы и тем самым уменьшая их нагрузку. Эту особенность полезно было бы учитывать при комплектовании экипажей.

Вместе с тем, нашлись 3 человека, которые ни в одной из своих экспедиций не работали больше, чем их партнеры (№ 3 – рис.15; № 12 – рис. 19 и № 16 – рис. 21). Мы не сторонники того, чтобы на этом основании упрекать их в равнодушии к товарищам. Надо понимать, что могли быть и другие поводы к сокращению объема внеплановых работ, как это было, например, с тем космонавтом, который непрерывно находился в полете в течение года (№ 16 – рис. 21): он сэкономил силы и только к концу полета, ориентируясь на самочувствие, позволил себе повысить внеплановую активность.

В процессе анализа полученного материала мы обратили внимание на то, что в большинстве случаев продолжительность полета отдельно взятого космонавта не ограничивалась одной единственной экспедицией, а складывалась из двух экспедиций, непрерывно следовавших одна за другой. Таких сдвоенных (объединенных) полетов было 30. Персональный состав их участников насчитывал в общей сложности 23 человека, причем из предыдущей в последующую экспедицию переходил либо один космонавт, либо их было двое. Для каждого из этих общих участников обе экспедиции разворачивались в единый полет. Один и тот же космонавт мог участвовать в сдвоенном полете от одного до трех раз. В итоге в рамках 30 объединенных полетов все их участники совершили в общей сложности 43 полета. Конкретные данные, имеющие отношение к этим полетам, приведены в

таблицах 18-20 и на рис. 22. В этой связи нужно пояснить, что в связке из двух экспедиций различали 2 составные части: первая (А) была представлена данными предыдущей экспедиции, вторая (Б) – данными последующей экспедиции.

Как следует из этих данных, наблюдались 3 варианта динамики показателей внеплановой занятости от предыдущей к последующей экспедиции:

1-й вариант: в 20 из 43 полетов (47% случаев) значения показателей занятости снижались (в среднем на 20 мин);

2-й вариант: в 12 полетах (28% случаев) показатели занятости практически не изменялись (разница составила в среднем 2 мин);

3-й вариант: в 11 полетах (26% случаев) показатели занятости численно возрастали (в среднем на 24 мин).

При этом важно, что один и тот же космонавт в разных полетах мог демонстрировать разные варианты динамики занятости (космонавты № 1 и № 16 – все 3 варианта, космонавты № 3, № 6, № 8, №№ 12-14 – по 2 варианта). Очевидно, динамика внеплановой занятости, в том, что касается соотношения ее объемов в сдвоенных экспедициях, отражала не столько внутренне присущие поведенческие черты космонавтов, сколько ситуационно обусловленные особенности их поведения.

Учитывая полученные результаты, можно сказать, что объемы внеплановой занятости формировались под влиянием сложного комплекса субъективных и объективных факторов, сопутствующих космическому полету.

Следует также отметить, что рис. 22 наглядно иллюстрирует известный закон начального значения Уайлдера, из которого следует, что в ответ на любое воздействие численные значения функциональных показателей организма при высоком исходном уровне падают, а при низком – нарастают. Применительно к нашему случаю можно было бы добавить, что при среднем исходном уровне они сохраняются без изменений.

Таблица 18 – Случаи, зарегистрированные в сдвоенных полетах, отмеченные уменьшением объема внеплановой занятости от предыдущей к последующей экспедиции

Космонавты (условные номера)	Показатели суммарного объема внеплановой занятости по рабочим и выходным дням в расчете на 1 полетный день, минуты	
	А	Б
№ 1	73	44
№ 1	65	60
№ 3	31	10
№ 4	77	35
№ 5	21	14
№ 5	55	46
№ 6	40	19
№ 7	57	25
№ 7	128	86
№ 8	80	31
№ 8	93	87
№ 12	120	84
№ 13	26	9
№ 14	36	26
№ 15	44	24
№ 15	19	3
№ 16	29	18
№ 16	9	3
№ 17	28	16
№ 29	35	19

Таблица 19 - Случаи, зарегистрированные в сдвоенных полетах, отмеченные практической неизменностью объема внеплановой занятости от предыдущей к последующей экспедиции

Космонавты (условные номера)	Показатели суммарного объема внеплановой занятости по рабочим и выходным дням в расчете на 1 полетный день, минуты	
	А	Б
№ 3	36	41
№ 4	158	161
№ 8	32	33
№ 9	54	50
№ 9	37	33
№ 10	33	35
№ 10	76	75
№ 12	37	41
№ 13	38	43
№ 16	4	9
№ 24	11	16
№ 26	27	24

Таблица 20 – Случаи, зарегистрированные в сдвоенных полетах, отмеченные увеличением объема внеплановой занятости от предыдущей к последующей экспедиции

Космонавты (условные номера)	Показатели суммарного объема внеплановой занятости по рабочим и выходным дням в расчете на 1 полетный день, минуты	
	А	Б
№ 1	73	114
№ 2	39	50
№ 2	94	148
№ 6	23	31
№ 11	11	21
№ 11	50	71
№ 14	14	27
№ 16	3	37
№ 19	13	26
№ 23	6	28
№ 25	16	52

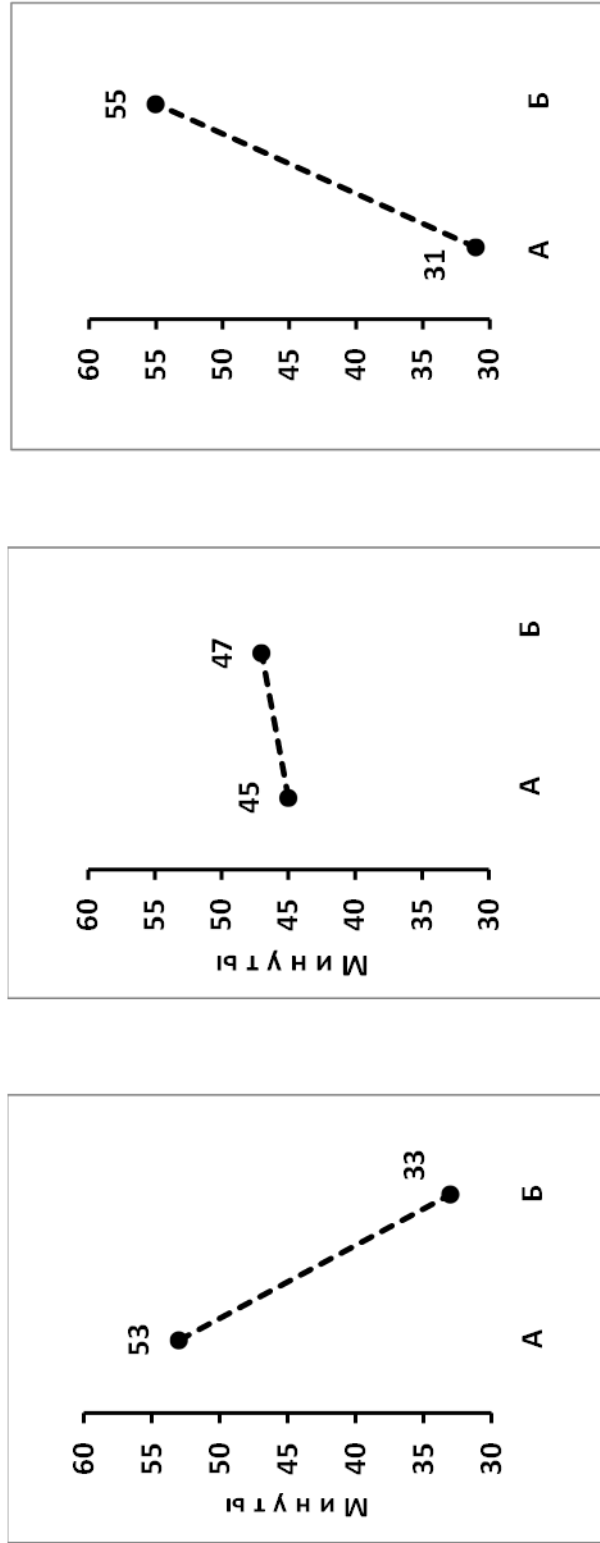


Рисунок 22 – Динамика показателей внеплановой занятости от предыдущей (А) к последующей (Б) экспедиции в сдвоенных полетах, рассчитанных в среднем на 1 космонавта за 1 полетные сутки. Цифры на графике – средние значения показателей занятости в рамках каждой экспедиции

Пользуясь данными, полученными в сдвоенных экспедициях, мы попытались оценить влияние функциональной роли космонавта в экипаже (командира экипажа – КЭ или бортинженера – БИ) на объем внеплановой занятости. Дело в том, что во многих случаях один и тот же участник сдвоенного полета в предыдущей экспедиции исполнял обязанности БИ, а в последующей – обязанности КЭ. Таких случаев мы насчитали 10, а число персоналий, принимавших участие в этих полетах – 9 (космонавт № 6 летал 2 раза). При этом мы использовали только те данные, которые были получены в экспедициях с участием 3 человек: следуя требованию «при прочих равных условиях», мы вынуждены были исключить из анализа данные, полученные в экспедициях, составленных из 2 человек, а выполнить самостоятельный анализ этих данных оказалось невозможно из-за их малочисленности.

Приступая к анализу материала, мы составили четыре взаимосвязанных вертикальных ряда: в первом из них расположили в хронологической последовательности все экспедиции, принадлежащие сдвоенным полетам, во втором разместили в той же последовательности участников экспедиций, причем каждый из них в этом ряду был представлен дважды (а космонавт № 6 –четырежды): учитывали, что он будет выступать в двух ролях – БИ и КЭ. Эти роли были персонально обозначены в третьем ряду. И, наконец, четвертый ряд, был сформирован индивидуальными показателями плановой занятости за 1 полетный день, зарегистрированными в обеих функциональных ролях.

Далее, мы провели статистический анализ показателей плановой занятости, сосредоточенных в четвертом ряду. Этот ряд был разбит на 2 части: в первой были собраны показатели, полученные в роли БИ, во второй – в роли КЭ. Обе части сопоставили друг с другом. В результате выяснилось, что разность средних арифметических, соответствующих обоим функциональным ролям (4 минуты), в сравнении с фактическими значениями элементов сравниваемых совокупностей (4-5 часов) была ничтожно мала и,

разумеется, оказалась статистически несущественной при $p > 0,05$ по парному критерию Вилкоксона (Каминский Л.С., 1964). Это значит, что не обнаружилось никакой связи объемов плановой занятости с функциональной ролью космонавта в экипаже.

Аналогичный анализ мы провели в отношении внеплановой и общей (совокупной плановой и внеплановой) занятости. Результаты оказались точно такими же: исчезающе малая разница средних арифметических, соответствующих БИ и КЭ (2-4 мин), $p > 0,05$ по Вилкоксона, и в конечном счете – отсутствие связи объемов занятости с функциональной принадлежностью участника полета.

* * *

Резюмируем все сказанное по поводу мониторинга рабочей занятости.

1. Сокращение численности экипажа с 3 чел. до 2 чел. сопровождалось статистически значимым увеличением ежедневного объема работы, рассчитанного на 1 космонавта, по показателям внеплановой и сверхнормативной занятости практически в 3-4 раза. При этом закономерных различий в индивидуальных объемах плановой занятости отмечено не было.

2. Во время послеполетных встреч с наземными специалистами участники экспедиций в составе 3 чел. сообщали об усталости, испытанной во время полета, значительно реже (в 5% рассмотренных отчетов), чем участники экспедиций в составе 2 чел. (в 63% рассмотренных отчетов).

3. Уменьшение численности экипажа с 3 чел. до 2 чел. должно рассматриваться как фактор риска развития хронического утомления (переутомления).

4. Одна из ключевых проблем организации труда и отдыха космонавтов состоит в больших объемах внеплановых работ, формируемых на основе объективных обстоятельств (малочисленность экипажа,

хронодефицитное планирование) и субъективных жизненных установок космонавтов (высокая трудовая мотивация).

5. Низкие объемы планирования не гарантируют освобождения от сверхнормативных работ.

6. Большие объемы внеплановых работ приводят к систематической сверхнормативной занятости космонавтов.

7. Сверхнормативные работы прочно закрепились в отечественной космонавтике.

8. Необходимо прекратить практику сверхнормативных работ. Для этого нужно разгрузить российские полетные программы и привести их в соответствие с численностью российских экипажей МКС на базе 6,5-часового лимита рабочей занятости, предписанного полетными медицинскими документами.

9. Сравнительная оценка индивидуальных объемов внеплановой занятости в рабочие дни и в дни отдыха позволила идентифицировать в числе 16 космонавтов 4 лиц (25%), наименее заинтересованных в полноценном использовании дней отдыха по прямому назначению. Эти космонавты были устойчиво мотивированы на работу, которой они охотно посвящали не только рабочие, но и выходные дни.

10. В процессе дополетной медико-психологической подготовки следует формировать у будущих участников космических полетов ответственное отношение к отдыху как обязательному условию эффективной работы.

11. Среди 16 участников космических полетов был обнаружен 1 космонавт, который в 3 из 4 экспедиций с его участием превосходил своих спутников по объему внеплановой занятости. Этому космонавту скорее, чем остальным, можно приписать стремление помогать в работе своим партнерам по экспедиции. Вместе с тем, 3 космонавта ни в одной из своих 4–6 экспедиций не опережали своих партнеров по объемам внеплановой занятости.

Эти особенности профессионального поведения в малой группе рекомендуется принимать во внимание в процессе комплектования экипажей.

12. Не обнаружено никакой связи индивидуальных объемов плановой, внеплановой и общей (суммарной плановой и внеплановой) занятости с функциональной ролью космонавта (КЭ или БИ) в экипаже ($p > 0,05$ по Вилкоксону).

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. В числе этих работ были стыковки транспортных и грузовых кораблей с последующей разгрузкой первоочередных грузов; внекорабельная деятельность; перестыковки кораблей с одного модуля станции на другой; предпосадочные работы по укладке возвращаемых грузов в транспортный корабль и подготовке к предстоящей расстыковке. В отдельных случаях плановые сдвиги сна были обусловлены проведением медицинского обследования и тестовых испытаний аппаратуры.

Особо нужно отметить сдвиги сна, сопровождающие одновременное присутствие на станции двух экипажей – основного экипажа МКС и экипажа посещения, прибывшего на космическом корабле Space Shuttle (или просто Шаттл). В соответствии с требованиями полетной документации на протяжении совместного полета все присутствующие на борту космонавты и астронавты должны были придерживаться единого распорядка сна-бодрствования, причем именно того, с которым прибыл на станцию экипаж Шаттла. Такой подход был продиктован интересами сохранения

работоспособности членов экипажа Шаттла, которым на финальном этапе экспедиции предстояла посадка в ручном режиме. Следуя этому условию, основной экипаж МКС вынужден был постепенно, день за днем понемногу смещать период своего сна в нужном направлении.

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 (рис. 23) и парными, или сдвоенными – один в первую, а другой в последующую ночь (рис. 24). Если сдвиги совершались на протяжении трех и более суток подряд, мы обозначали их как пролонгированные (рис. 25). Надо отметить, что точечным сдвигам сна, как правило, предшествовал короткий (4-5-часовой) плановый период, предназначенный для сна или отдыха перед ночной работой. По завершении ночной работы космонавтам часто выделялся длительный промежуток свободного времени (от 15-16 ч до 23-25 ч), чтобы они могли хорошо отдохнуть и выспаться после бессонной ночи.

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).

Штатный распорядок предусматривал отход ко сну в 21 ч 30 мин и подъем в 6 ч GMT (Greenwich Mean Time – среднее время по Гринвичу, принятое на борту МКС). Сдвиги сна могли совершаться в двух направлениях: как по часовой стрелке (сдвиги с запаздыванием начала сна относительно 21 ч 30 мин), так и против часовой стрелки (сдвиги с опережением начала сна относительно 21ч 30 мин). В рамках каждой экспедиции могли присутствовать сдвиги только в одном из двух направлений, либо в обоих направлениях. Это касается и точечных, и пролонгированных сдвигов. Следует заметить, что в совокупности рассмотренных экспедиций точечные сдвиги только с опережением

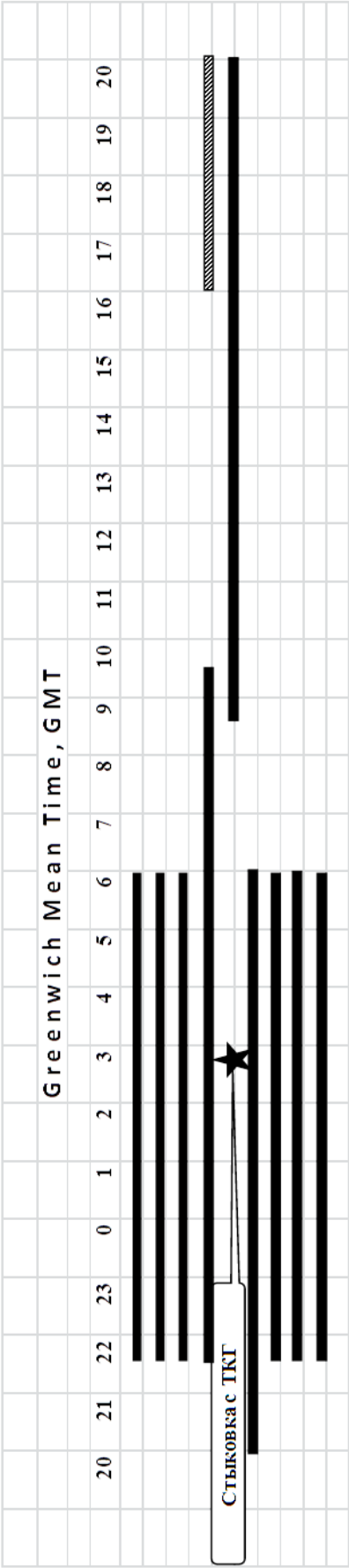


Рисунок 23 – Иллюстрация точечного сдвига сна в связи с ночной работой по стыковке транспортного грузового корабля с МКС. Сдвиг на 11 часов с запаздыванием. Черными отрезками обозначены периоды предписанного сна. Защищенный отрезок – дополнительный 4-часовой период сна, запланированный перед ночной работой

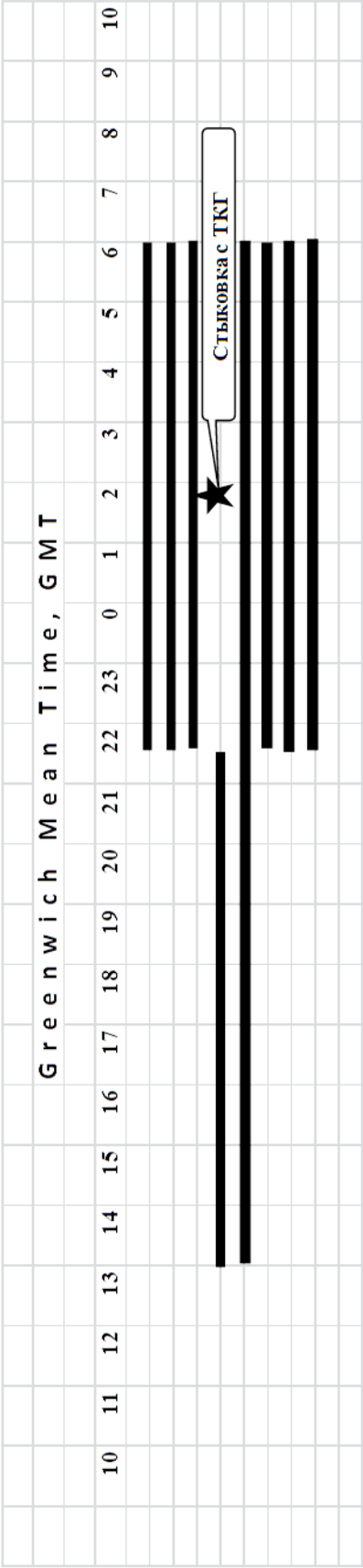


Рисунок 24 – Иллюстрация двойного точечного сдвига сна в связи с ночной работой по стыковке транспортного грузового корабля с МКС. Сдвиг на 8 часов с опережением. Черными отрезками обозначены периоды предписанного сна

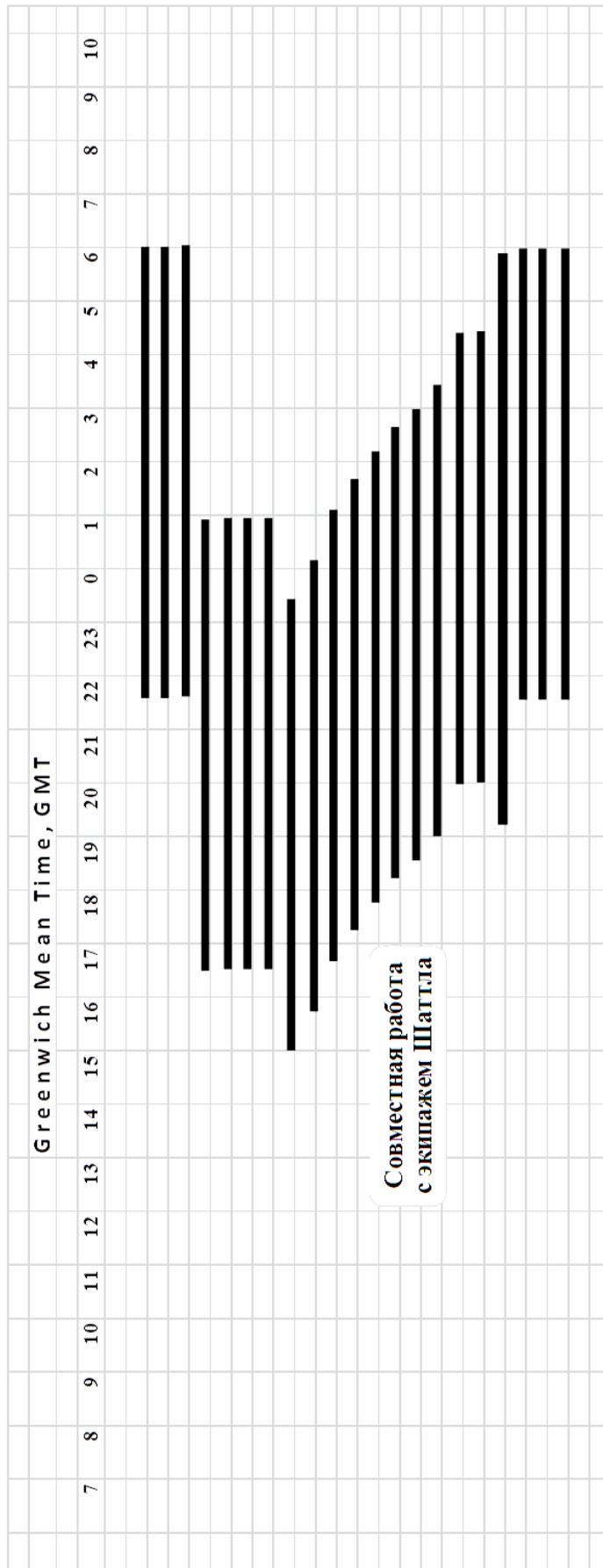


Рисунок 25 – Иллюстрация пролонгированного сдвига сна в период совместной работы экипажа МКС с экипажем Шаттла. Черными отрезками обозначены периоды предписанного сна

встречались значительно реже, чем точечные сдвиги только с запаздыванием (таблица 21). Почему это важно подчеркнуть? Потому что сдвиги с опережением переносятся труднее, чем сдвиги с запаздыванием. Это хорошо известный факт. После сдвига с запаздыванием сон страдает меньше, чем после сдвига с опережением: в первом случае заснуть гораздо легче, и сон продолжается дольше, чем во втором.

Таблица 21 – Точечные сдвиги сна различной направленности в орбитальных экспедициях МКС, выполненных в период 2009-2020 гг.

Направленность сдвигов сна	Количество экспедиций
Только с запаздыванием	15
Только с опережением	4
В обоих направлениях	17
Нет сдвигов	1

На каждую из 36 экспедиций, отмеченных плановыми сдвигами сна, в среднем приходилось свыше 3 точечных сдвигов, а в реальности их могло быть в разных экспедициях от 1 до 8.

В рамках всей совокупности точечных сдвигов, зарегистрированных в 36 экспедициях, величина сдвига, определяемая по моменту планового отхода ко сну, варьировалась в диапазоне от 30 мин до 11 ч 30 мин. В 4-х экспедициях были зарегистрированы сдвиги сна на 12 ч (очевидно, это максимально возможная величина сдвига, к которой в принципе не применимо понятие направленности).

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). Надо

сказать, что такая картина отмечалась в равной мере как при сдвигах с опережением (рис. 26), так и при сдвигах с запаздыванием (рис. 27).

Что касается пролонгированных сдвигов, данные об их направленности приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Пролонгированные сдвиги сна различной направленности в 6 орбитальных экспедициях МКС, выполненных в период 2009-2020 гг.

Направленность сдвигов сна	Количество сдвигов
Только с запаздыванием	1
Только с опережением	2
В обоих направлениях	5

Пролонгированные сдвиги сна варьировались по продолжительности от 3 сут до 17 сут. Наибольшей продолжительностью (8-17 сут) были отмечены сдвиги сна в полетах с участием экипажей Шаттла. Самые короткие эпизоды пролонгированного сдвига были связаны с проведением тестовых испытаний аппаратуры (3 сут) и выполнением операций перестыковки и последующей стыковки в течение 4 сут подряд.

Надо заметить, что в ряде случаев эпизод пролонгированного сдвига предварялся однократным точечным сдвигом. В процессе анализа материала мы рассматривали этот точечный сдвиг в единстве с последующим пролонгированным сдвигом, мысленно включая его в структуру пролонгированного сдвига и считая его начальным элементом этой структуры.

Но вернемся к точечным сдвигам. Мы попытались количественно оценить интервалы между ними в рамках каждой экспедиции. При этом парные (сдвоенные) сдвиги всегда учитывались как однократные. Точечные

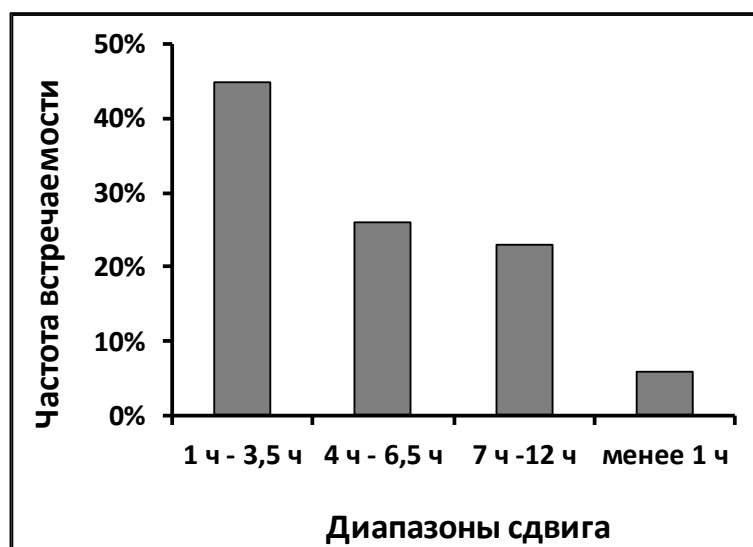


Рисунок 26 – Распределение плановых сдвигов сна с опережением по частоте встречаемости в процентах к общему числу таких сдвигов

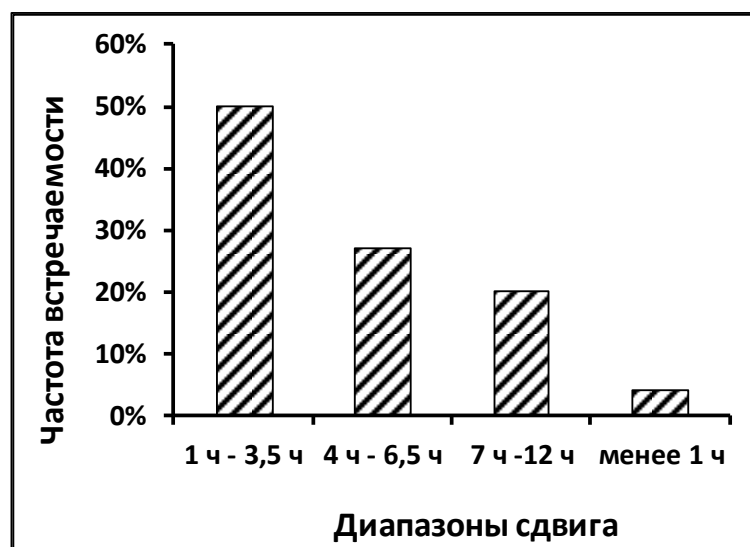


Рисунок 27 – Распределение плановых сдвигов сна с запаздыванием по частоте встречаемости в процентах к общему числу таких сдвигов

сдвиги в составе пролонгированных сдвигов также не принимались в расчет. В результате было получено 65 интервалов в диапазоне от 4-5 сут до 95 сут. В рамках этого диапазона данные распределились так, как это показано на рис. 28. Очевидно, наибольшей представленностью были отмечены интервалы 6-10 сут и 11-15 сут, т.е. круглым счетом от 1 до 2 недель.

Большой интерес представляет вопрос об отношении космонавтов к сдвигам сна. По этому поводу они высказывались, как правило, во время послеполетных брифингов.

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. Наиболее яркие из них приводятся ниже.

– «При выполнении операций в условиях одноразовых сдвигов сна никаких проблем не испытывал».

– «Ночные работы, которые проходили в условиях сдвигов сна на 5-9 и более часов, переносил нормально, без наличия каких-либо проблем. На качестве и уровне работ это не сказывалось».

– «Все сдвиги сна, которые предлагались, устраивали всех нас. Экипаж оценивал все это только положительно, все было отработано».

– «Сдвиги никоим образом на самочувствии не отражались. Небольшие сдвиги сна, практически, не ощущались. Ложились на час-два позже, вставали вовремя или чуть позже. Всё переносили нормально. Субъективно все сдвиги легко переносились».

– «Проблем не было, всё было четко продумано; всё было хорошо».

– «Проблем при смещении сна у меня не возникало. Если была возможность, находил время для сна днем, чтобы немного подремать. Находил варианты, которые позволяли сохранять работоспособность на высоком уровне. Медикаментозных средств, для адаптации к сдвигам сна не принимал».

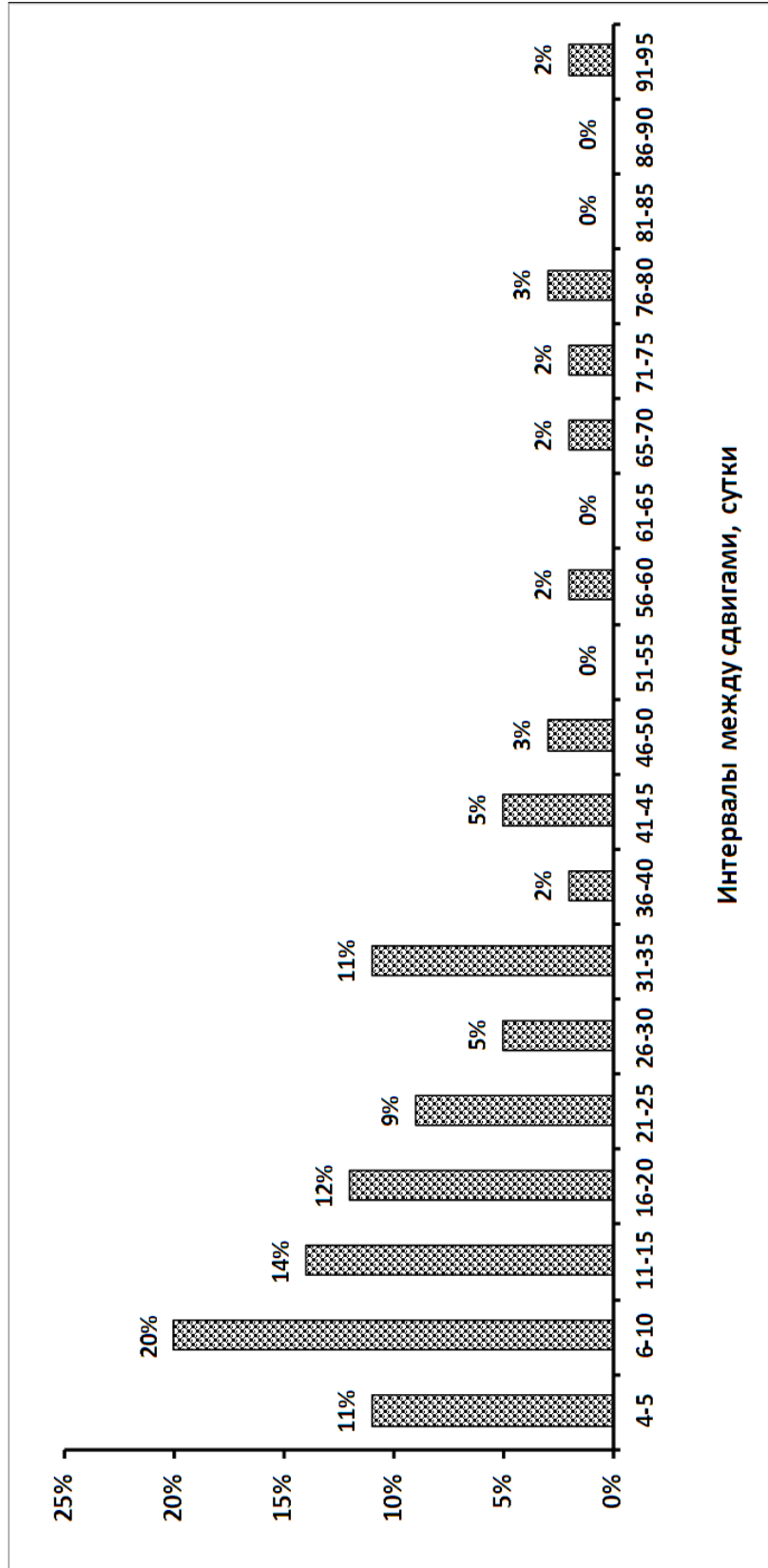


Рисунок 28 – Распределение численных значений интервалов между плановыми точечными сдвигами в процентах к общему числу зарегистрированных интервалов

– «Даже было иногда приятно, когда мы ночью работали, а потом целый день спали. Если даже не спали, то сильной усталости мы не чувствовали. Для меня это было очень удобно, я мог этим временем сам распорядиться».

– «К сдвигам сна готовился заранее. За две предыдущие ночи старался выспаться хорошо, чтобы запас прочности был. Кроме того, перед ночными работами нам давали еще дополнительный отдых (сон), что очень помогало нам. Поэтому со сдвигами сна проблем не было, работоспособность не снижалась».

В одном случае отзыв был двойственным, так как включал и позитивную, и негативную оценки: «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».

Отметим также, что один из космонавтов на вопрос о том, как переносил сдвиги сна, уклонился от прямого ответа: «Это наша работа, - сказал он, - есть моменты, когда это необходимо. Спасибо, что давали отдохнуть после таких работ... Перед ночными работами я спал... На ночную работу очень важно выйти отдохнувшим».

Совершенно по-другому звучали оценки пролонгированных сдвигов сна. Отзывы о таких сдвигах приведены ниже.

На рис. 29 представлен эпизод пролонгированного сдвига сна в одной из экспедиций на МКС. В процессе этого сдвига космонавты отметили, что один из них в этот период чувствовал себя удовлетворительно, а второй – несколько хуже (по наблюдениям врача экипажа, этот космонавт отмечал накопление усталости к концу рабочего дня, разбитость в первой половине дня и ухудшение сна – сон был прерывистым с нечастыми пробуждениями).

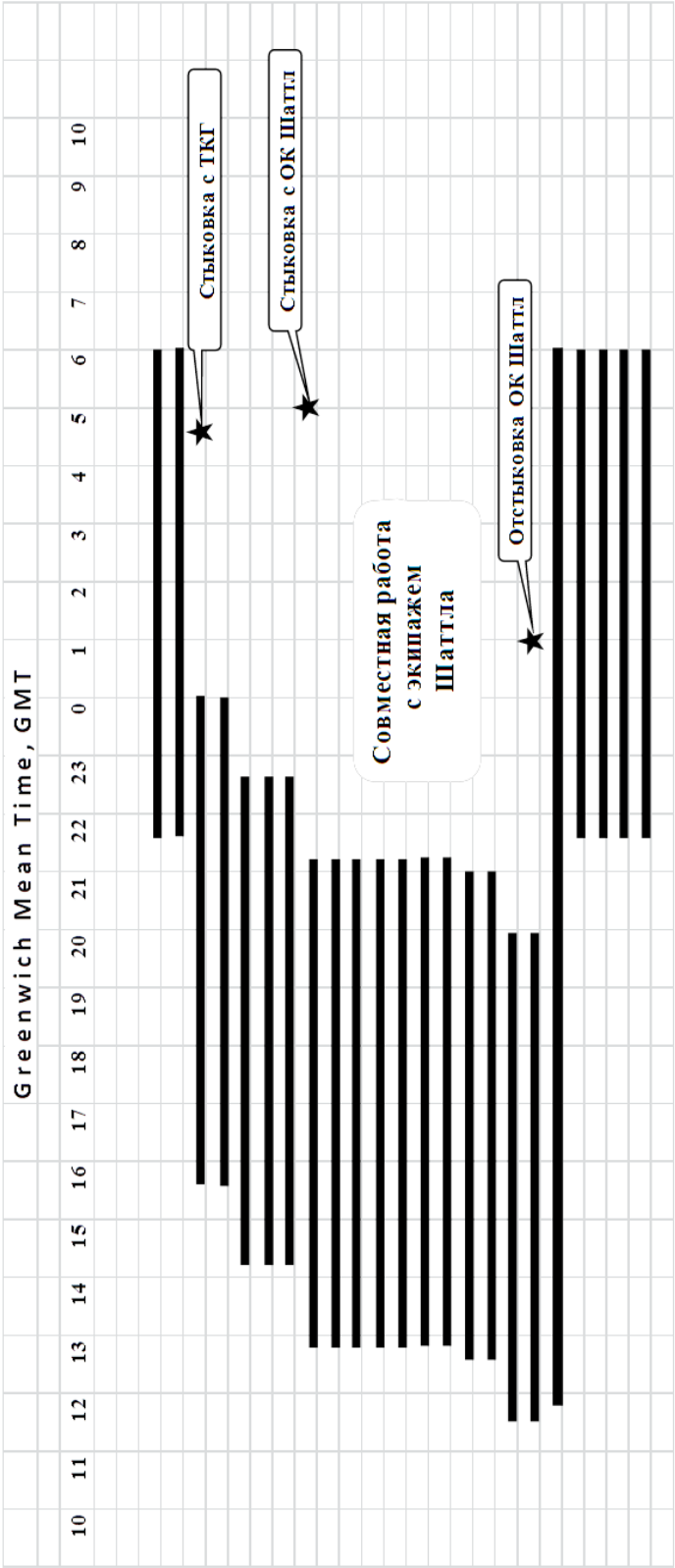


Рисунок 29 – Плановые сдвиги сна участников одной из экспедиций на МКС, первоначально обусловленные ночной стыковкой с транспортным грузовым кораблем, а впоследствии сопровождающие совместную работу с экипажем Шаттла и ее завершение

В другой экспедиции было 2 эпизода пролонгированного сдвига сна. В связи с этим психологи, сопровождавшие полет, отметили, что работа в таком режиме потребовала от членов экипажа мобилизации сил. По словам одного из участников данной экспедиции, сказанным во время послеполетного брифинга, частые переходы, смещения РТО («существенные сдвиги в одну или другую сторону») утомляют экипаж, поэтому 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.

Обращают на себя внимание следующие комментарии по поводу еще одного пролонгированного сдвига. Один член экипажа сказал: «было бы лучше, если бы этих сдвигов не было». А другой добавил: «Я вообще отношусь к сдвигам сна отрицательно. Считаю, что нечего плавать по суткам. ... Мы это прошли, как я понимаю, очень давно. Еще в 70-е годы поняли вредность такого РТО, и с тех пор старались этим не пользоваться».

Очередной комментарий принадлежал космонавтам, испытавшим в своем полете 2 пролонгированных сдвига (рис. 30). Один участник этого полета сказал: «Проблемы со сном, в частности, у меня, возникали во время совместной работы с экипажами Шаттла оба раза. Дискомфорт, связанный со сдвигами сна, при первом сдвиге ощущался довольно слабо, а вот во второй раз при ступенчатом возвращении к штатному режиму сна явления дискомфорта проявлялись гораздо сильнее. После ухода первого из двух Шаттлов, не успел я адаптироваться к штатному режиму сна, как пришел второй Шаттл, и снова пришлось сдвигаться. В результате чуть ли не до конца полета качество сна полностью не восстановилось, дискомфортные явления в виде трудности засыпания сохранялись». Его партнер добавил: «Я также постоянно ощущал явления дискомфорта при сдвиге сна».

И, наконец, последний отзыв участника экспедиции с двумя пролонгированными сдвигами (рис. 31): «Организм как-то привыкает работать в дневное время, и какая-либо «сдвижка», – хотя вроде и ложились

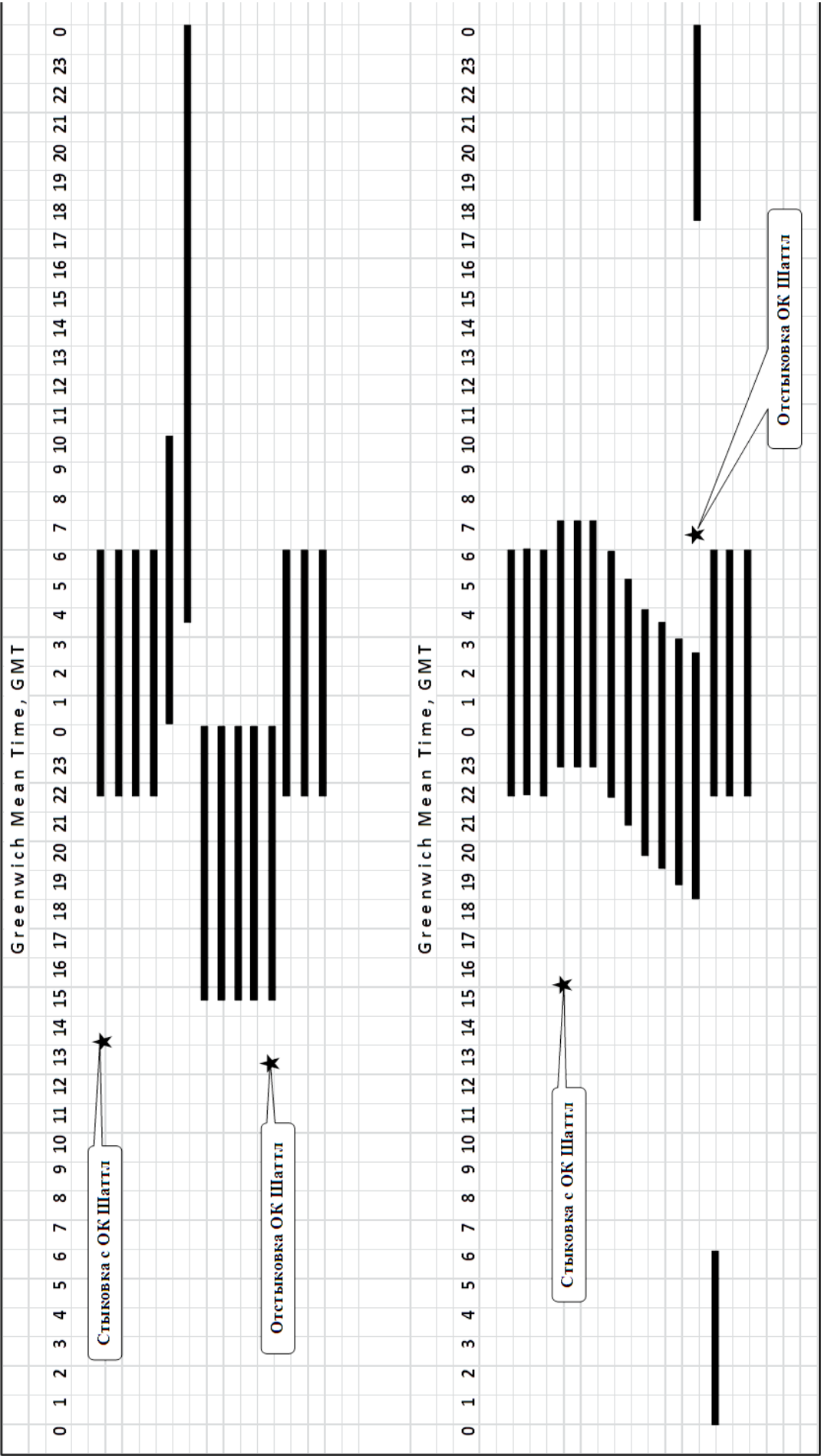


Рисунок 30 – Два эпизода пролонгированного сдвига сна участников сдвоенного полета на МКС, составленного из двух последовательных экспедиций

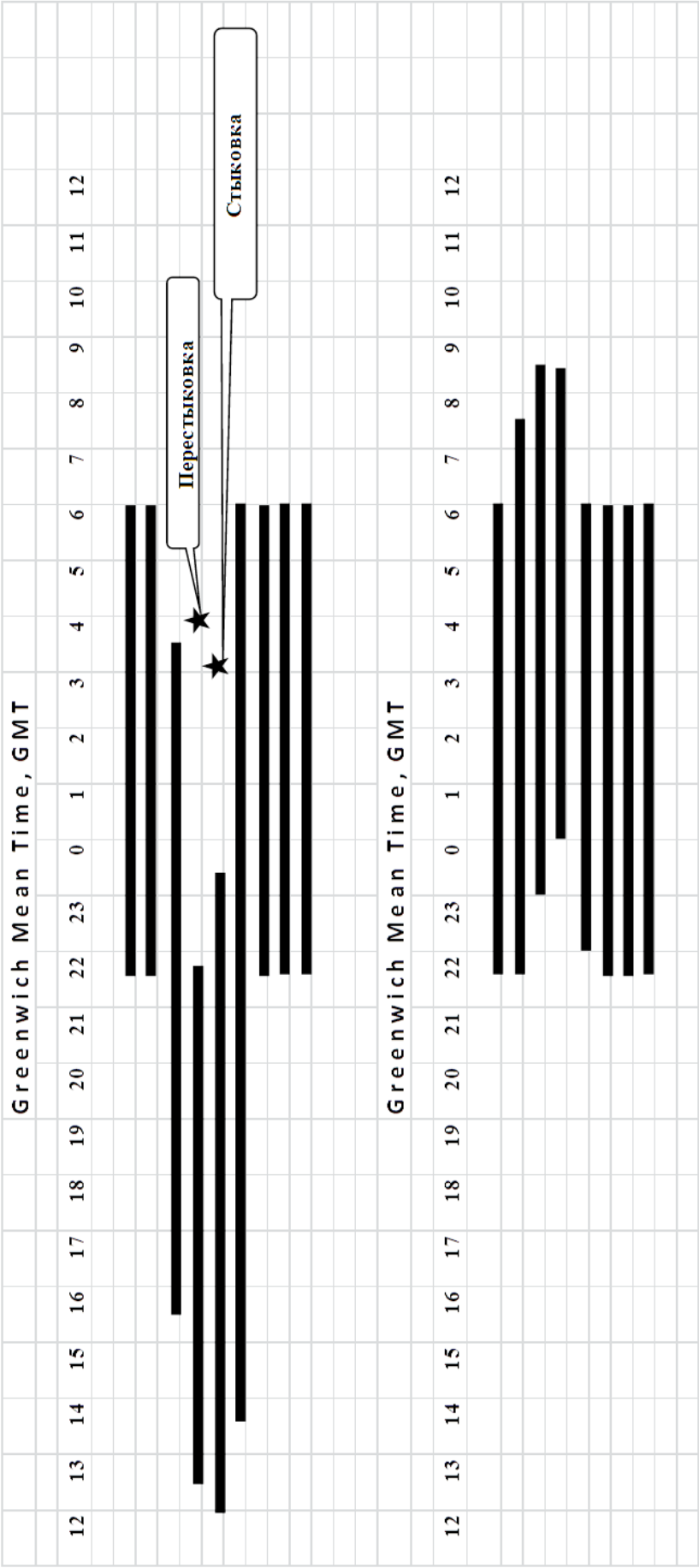


Рисунок 31 – Два эпизода пролонгированного сдвига сна в одной из экспедиций на МКС, связанные с последовательным выполнением операций по перестыковке и стыковке транспортных пилотируемых кораблей (вверху), а также с тестированием аппаратуры (внизу)

позже и вставали позже, – всё равно чувствуется. Когда время подходит, организм хочет отдыхать. Чувствовалось это. ... Организм свой распорядок выработал: время подошло – пора спать. Организм хочет уже отдыхать, а тут нужно ещё работать, поэтому дискомфорт был, конечно».

Таким образом, отзывы о точечных сдвигах, хотя и не во всем, но в основном, были благоприятными, в то время как все отзывы о пролонгированных сдвигах имели выраженную отрицательную окраску. Очевидно, именно пролонгированные сдвиги, растянутые во времени, помогли ярко высветить в сознании космонавтов негативные эффекты дестабилизации суточного ритма сна-бодрствования. Напомним, что пролонгированными считались сдвиги, которые совершались на протяжении 3 и более суток подряд. Отсюда следует, что в космических полетах для выявления субъективно отмечаемых симптомов дискомфорта – расстройств сна, ухудшения самочувствия и снижения работоспособности, вызванных нарушением стабильности ритма сна-бодрствования, необходимо было осуществить не менее 3 последовательных эпизодов сдвига сна относительно его нормативного положения на суточной шкале.

Вообще надо сказать, что в практике космических полетов при планировании значительных сдвигов сна (на 6-8 ч или больше) у специалистов группы планирования бывает возможность выбрать один из двух вариантов: либо одномоментный сдвиг сразу на нужную величину, либо постепенный (плавный, пошаговый, ступенчатый) сдвиг, допустим, по 1-2 ч ежедневно. Какой из этих вариантов скорее всего предпочли бы космонавты? На этот вопрос мы получили ответы от 10 участников полетов. Из них 8 человек отдали предпочтение одномоментному сдвигу и только двое – постепенному.

Отметим, что, помимо плановых сдвигов сна, время от времени отмечались еще и внеплановые сдвиги, причинами которых чаще всего были работы по срочной ликвидации нештатных ситуаций, а также по разгрузке прибывающих на станцию транспортных грузовых кораблей.

На основании приведенного материала можно сформулировать некоторые рекомендации в адрес специалистов группы планирования:

1. В процессе планирования предпочтение следует отдавать однократным точечным сдвигам при величине сдвига не свыше 3,5 ч и направленности его по часовой стрелке (сдвиг с запаздыванием). Такие сдвиги должны совершаться не чаще 1 раза в неделю. Сдвоенные точечные сдвиги – не чаще 1 раза в 2 недели.

2. При планировании точечных сдвигов, превышающих 3,5 ч, нужно исходить из того, что сдвиги средней (от 4 ч до 6,5 ч) и большой (от 7 ч до 12 ч) величины должны планироваться как можно реже, и в любом случае – реже, чем 1 раз в 2 недели.

3. Порядок реализации предстоящего сдвига (одномоментный или пошаговый, а для пошагового сдвига – ширина одного шага, например, 1 ч или 2 ч) должен быть заранее согласован с экипажем.

Перейдем теперь к рассмотрению субъективных оценок сна по его продолжительности, достаточности и освежающему эффекту. Эти оценки были получены во время послеполетных брифингов.

Количественные оценки продолжительности ночного сна были получены у 13 космонавтов (всего 14 оценок) – участников 11 экспедиций на МКС (напомним, что многие космонавты принимали участие в 2 последовательных экспедициях). Распределение оценок по частоте встречаемости показано на рис. 30.

Очевидно, показатели продолжительности сна, по субъективным оценкам, чаще всего варьировались в пределах 6-7 часов, что соответствует литературным данным, согласно которым сон в космосе в среднем короче, чем это наблюдается в обыденной жизни. Нужно отметить, что в 9 случаях оценки были интервальными (например, 5-6 ч), а в 5 случаях указывали на конкретное количество часов в среднем за полет (например, 6 ч). Несомненно, и те, и другие оценки были неточными. Тем более что они были

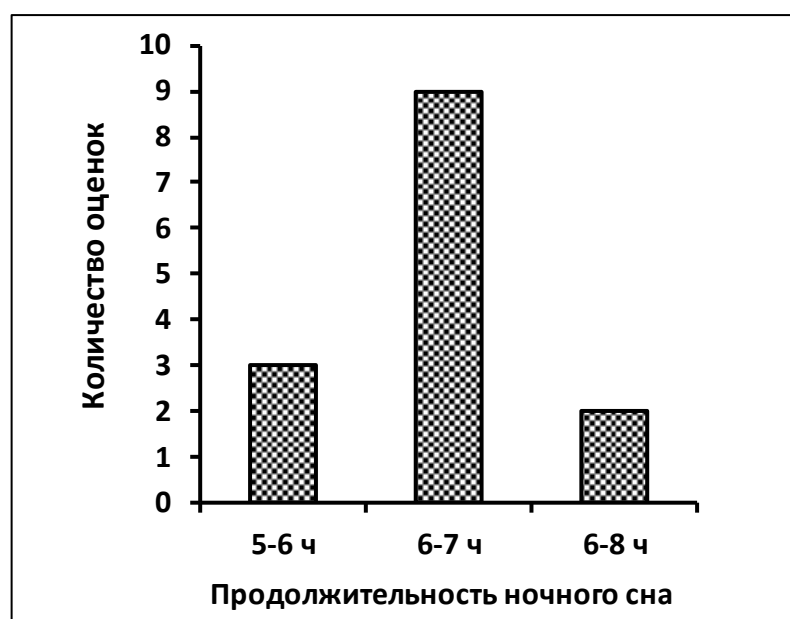


Рисунок 32 – Распределение оценок продолжительности сна по частоте встречаемости

получены после завершения полета: в этой связи нельзя не упомянуть точку зрения специалистов NASA, в которых ставится под сомнение надежность субъективных оценок сна, сообщаемых ретроспективно (Whitmire et al., по: Bin Wu et al., 2018).

Что касается оценок достаточности сна и его восстановительного эффекта, их было 13. В 10 случаях это были положительные оценки типа: «Сон полноценный, приносит в основном чувство отдыха»; «проблем со сном не было, высыпались нормально»; «сон всегда был хорошим, я высыпался, и отдых был полноценным».

Интересно, что, по мнению одного из космонавтов, «в невесомости, чтобы восстановиться, требуется значительно меньше времени, чем на земле». Но среди его товарищей нашлись 3 человека, которые, очевидно, не согласились бы с ним. Первый заявил: «почему-то в космосе мне спать хочется больше, и сплю я дольше». Второй отметил: «На сон затрачивал 6 ч 20 мин, но не значит, что мне этого хватало...». Третий высказался более конкретно: «На сон затрачивал от 5 до 6 часов... Спать хотелось часто. Иногда спал во время экспериментов, когда нужно было сохранять неподвижное положение». К этому добавим, что во время послеполетного

брифинга один из космонавтов заявил, что продолжительность его сна в полете составляла 7-8 часов, и этого было вполне достаточно. Однако наряду с этим он сказал: «Там всегда хочется спать». На наш взгляд, в этой противоречивой оценке заслуживает главного внимания именно вторая часть, которую можно рассматривать как свидетельство систематического недосыпания. Но в таком случае возникает сомнение в том, что этот космонавт спал по 7-8 часов. Это сомнение можно подкрепить сообщениями некоторых космонавтов о том, что в полете они ложились спать позже, чем это предписывалось штатным распорядком, т.е. после 21 ч 30 мин (а вставать приходилось вовремя). Вот эти сообщения:

– «Спать ложились, как правило, в 23-24 ч. Необязательно, что в это время засыпали, в это время только расходились по своим спальным местам».

– «Спать ложился обычно после 23-24 часов».

– «Спать ложился позже 24 часов. ... Если была необходимость посмотреть Европу ночью, то спать уходил где-то в 01:00 – 01:30».

– «Спать ложились в 00:30 - 01:00».

– «Спать обычно ложились в 23 ч или чуть позже».

– «Отход ко сну обычно после 24:00».

– «Спать ложились в районе 24:00 – 01:00».

– «Свободного времени фактически не было. Поэтому приходилось ложиться спать на 1,5–3 часа позже, чем планировалось. Экипаж вынужден был работать по 12 и более часов в сутки. Ложились спать после 24 часов ... Ни разу не удалось лечь спать в запланированное время».

Может быть, и тот космонавт, которому всегда хотелось спать, тоже запаздывал с отходом ко сну и фактически спал меньше 7-8 часов?

В сообщениях, полученных в русле этой темы, примечательно то, что в одном из них хороший сон был поставлен в связь с высокими рабочими нагрузками. По словам космонавта, он «спал мало, но крепко. По времени где-то примерно 6 часов. ... Работы было очень много, и часто чувствовал

усталость. Поэтому, как только ложился, так сразу засыпал, и спал крепко». Конечно, такой вариант возможен, но лишь в том случае, если дело еще не дошло до переутомления. Между тем, скорее всего, именно переутомление наблюдалось в одном из полетов, где, по сообщению врача экипажа, бортинженер (БИ) предъявил жалобы на трудное засыпание, очень короткий период сна и отсутствие освежающего эффекта после завершения ночного отдыха. Со слов БИ голова у него была тяжелая «как бетон», и уже с утра появилось чувство усталости. Эти явления БИ связывал с большим количеством дополнительных работ на протяжении последних недель, в том, числе и в выходные дни.

В аспекте проблемы полетного мониторинга сна необходимо рассмотреть информацию, которую специалисты Группы медицинского обеспечения получали в процессе полета. Эта информация включала: (1) субъективные оценки космонавтами своего сна и текущего состояния в ответ на вопросы наземных абонентов об особенностях сна и самочувствия, и (2) любые инициативные высказывания космонавтов или замечания врача экипажа, имеющие прямое отношение к функции сна. Полученные данные представлены ниже.

1. Ответы космонавтов на утренние вопросы оператора по связи с экипажем: «Как спали?» «Как отдохнули?» «Выспались?» «Как самочувствие?»

- *Подчеркнуто позитивные:* «Отлично». «Замечательно». «Сплю, как убитый». «На высоком уровне». «Образцовое». «Великолепное».
- *Сдержанно позитивные:* «Выспались» «Самочувствие бодрое». «Отдохнули хорошо».
- *Дифференцированные:* «Отдохнули, как всегда, замечательно, жалко, что мало». «Выспались хорошо, вставать, правда, не хотелось, но надо». «Спалось прекрасно, только мало». «Выспались хорошо, но хотелось бы побольше». Очевидно, это означало, что сон был достаточным по глубине, но недостаточным по продолжительности.

– *Неуверенные*: «Да как вам сказать?.. (Пауза.) Самочувствие хорошее». «Да как тебе сказать?.. Нормальное». «Как будто проснулись».

– *Неопределенные (расплывчатые)*: «Без проблем». «Ничего». «Более или менее». «Без замечаний». «В порядке». «Отдохнули». Эти оценки часто произносились скороговоркой и указывали на нежелание космонавтов обсуждать их сон и самочувствие, когда там не всё обстояло благополучно. Таким путем они избегали негативных оценок.

– *Раздраженно-уклончивые*: «Есть самочувствие». «Самочувствие имеется». «Встали». И даже «745 миллиметров ртутного столба».

– *Откровенно негативные или с негативным подтекстом*: «Да ничего, держимся пока. Спать хочется». «Последние два дня мы не очень хорошо спали». «...ночью сон такой... прерывистый..; под утро спать хотелось». «Проснулся рано и больше уснуть не смог». «Засыпаешь поздно, а просыпаешься рано».

– *Молчание*. Хорошую оценку дать не могли, а плохую не хотели.

Отметим, что экспертные суждения о сне и самочувствии, основанные на субъективной информации, поступающей от космонавтов, подкреплялись учетом сопутствующих обстоятельств. К ним относятся:

- сдвиги сна к дневному периоду суток при выполнении ночных работ;
- избыточные рабочие нагрузки;
- факты приема снотворных;
- неблагоприятные изменения параметров микроклимата (повышение температуры воздуха, увеличение содержания CO₂ в составе атмосферы);
- высокий уровень шума в районе спальных мест;
- использование берушей (накладок на уши для защиты от шума).

В связи с этим нужно отметить, что учет всех нюансов текущей ситуации – дело практически нереальное, т.к. в ней могут оказаться скрытые обстоятельства, которые могли бы отрицательно повлиять как на сон, так и

на его субъективную оценку. Поэтому переход от субъективной оценки сна к его экспертной оценке возможен только на предположительном уровне.

2. Инициативные высказывания космонавтов, замечания врача экипажа. Чаще всего в них отражалось стремление космонавтов позже вставать в выходные дни, что указывало на недосыпание по рабочим дням. Приводим некоторые из таких высказываний и замечаний (слова космонавтов взяты в кавычки, наблюдения врача – без кавычек).

- Накануне выходного дня по поводу рекомендации наземного оператора спать до 10:30 БИ сказал: «Вы не волнуйтесь, ребята, мы все равно раньше не поднимемся».

- По утрам в дни отдыха «...вставали попозже, отсыпались».

- Экипаж отметил, что использовал дни отдыха для дополнительного сна: "...по воскресеньям стараемся добрать".

- Наблюдение врача экипажа: В дни отдыха, как правило, встают позже на 1,5-2 часа.

- «Просьба не планировать (по возможности) утренних работ в дни отдыха».

- «У нас пожелание сделать работу по закрытию люков поздно вечером, чем вставать рано утром в субботу».

- КЭ (командир экипажа) сказал, что по пятницам ложится спать не ранее полуночи, так как в субботу есть возможность выспаться.

- В дни отдыха, как и обычно, БИ и КЭ спали дольше, чем в рабочие дни.

- В дни отдыха экипаж спит до естественного пробуждения.

- БИ: «В дни отдыха в субботу или воскресенье я должен был выспаться и этим полностью компенсировать дефицит сна, накопленный за рабочую неделю».

- КЭ: «Если есть возможность сделать в воскресные дни более поздний подъем, часов в 8:00, то будет лучше. А раз мне предписан подъем в 6 утра, то я встаю, хотя мне хотелось спать».

- «Хотелось бы, чтобы в дни отдыха подъём был на час позже».

В качестве вероятного свидетельства систематического недостатка сна можно рассматривать также дневной сон, полагая, что дефицит ночного сна, – если не всегда, то, по крайней мере, в некоторых случаях, – вызывает вторжение эпизодов дневного сна в жизненный обиход членов экипажей, что можно рассматривать как защиту от недосыпания: по данным V.Paz et al. (2023), кратковременный (до 30 мин) дневной сон позволяет улучшать когнитивные функции и уменьшать вероятность прерывания ночного сна.

Сведения о дневном сне в полетах МКС (полученные от космонавтов и врача экипажа) приводятся ниже.

- «Иногда после обеда тянет в сон: встаем рано, а лечь рано не удается».
- Опять поступила жалоба на недостаточность сна, сопровождавшаяся просьбой устроить "тихий час" после обеда.
- По докладу КЭ, члены экипажа, по возможности, компенсировали недостаток сна дневным отдыхом (сном), что сыграло положительную роль в поддержании высокого уровня работоспособности.
- «Если была возможность, находил время для сна днем, чтобы немного подремать».
- «Иногда спал днем, когда смещали зону сна».
- БИ: «Поспать днем потребность была всегда, но не было возможности...».
- КЭ отметил, что когда появлялась возможность днем подремать минут 15-30, то использовал эту возможность.
- В дни отдыха БИ выделял время на дневной сон.
- «Иногда удавалось поспать днем часок или даже 15 минут».

В целом результаты анализа данных полетного мониторинга позволяют включить нарушения сна космонавтов в число ведущих медицинских проблем орбитальных полетов. На протяжении космического полета большое значение имеет своевременное получение информации о текущем положении

дел со сном и в случае необходимости – проведение профилактических мероприятий. Поэтому описанный подход к оценкам сна космонавтов в процессе полетного мониторинга, основанный на субъективных данных, должен сохраняться и в дальнейшем. Но его недостаток в том, что он позволяет эксперту ограничиваться неточными и предположительными оценками. Было бы желательно дополнить его объективной регистрацией сна, выполняемой с помощью носимых на запястье портативных актографических устройств. Актография (в англоязычной литературе actigraphy – актиграфия) дает возможность оценивать широкий круг показателей, характеризующих особенности сна. В работе V.Natale et al. (2014) приводится следующий перечень таких характеристик:

- продолжительность пребывания в постели (time in bed – TIB) - интервал от момента, когда участник лег спать и выключил свет (перед сном) до момента, когда участник утром поднялся с постели;
- латентность (задержка) наступления сна (sleep-onset latency – SOL) – интервал между моментом отхода ко сну (выключения света) и началом сна. Начало сна определяется по наличию первого неподвижного блока, длительностью не менее 10 минут, после сна с количеством движений больше, чем одна эпоха. Первая эпоха этого блока квалифицируется как начало сна;
- момент окончания сна определяется на основе поиска 10-минутного периода активности в районе момента подъема, а затем следует двигаться назад, чтобы найти эпоху неподвижности перед началом 10-минутного периода активности; конец эпохи неподвижности квалифицируется как конец сна.
- общая длительность сна (total sleep time – TST);
- пробуждения после начала сна (wake after sleep onset – WASO) – суммарная продолжительность всех эпизодов пробуждения от начала сна до его окончания;

- эффективность сна (sleep efficiency – SE) – процентное отношение TST к TIB;
- количество пробуждений в процессе сна (number of awakenings – NWAK);
- финальное бодрствование (Terminal wakefulness – TWAK) – интервал между окончанием сна и моментом подъема;

Помимо всего этого преимущество актографии состоит в том, что она позволяет непрерывно фиксировать особенности сна в течение длительного времени.

Данные актографической регистрации могут и не совпадать с субъективными оценками сна. Так, участники исследования S.Scarlett et al. (2021) сообщали, что спали по 7,0 ч, тогда как по данным актографии продолжительность их сна составляла в среднем 7 ч 42 мин. Тем не менее, можно согласиться с тем, что в космических полетах, помимо субъективных оценок, необходимо использовать более точные инструменты мониторинга сна, которые обеспечивают полезную обратную связь в режиме текущего времени (E.Flynn-Evans et al. 2016). В настоящее время таким инструментом является актография.

Учитывая всё сказанное по поводу нарушений сна участников космических полетов, нужно, хотя бы коротко, перечислить основные направления профилактики и купирования этих нарушений, которые можно реализовать уже сегодня или в ближайшем будущем. Это, прежде всего, нормализация рабочей нагрузки членов экипажей на основе 6,5-часового лимита рабочего времени, закрепленного в полетной документации. Как заявил один из космонавтов, «Давайте экипажу отдыхать!!! Проблем не будет!» Необходимо придерживаться требования минимизации сдвигов сна как по численности, так и по величине сдвига. Следует обратить внимание на оборудование спальных мест, чтобы это позволило снизить уровень шума и обеспечить комфортный микроклимат в зоне, отведенной для сна.

Для поддержания благоприятных условий жизнедеятельности организма, в том числе для профилактики нарушений ритма сна-бодрствования, рекомендуется использовать на борту режим светодиодного освещения с переменными спектрально-энергетическими характеристиками, имитирующими природную суточную динамику светового климата в средних географических широтах. Можно оформить это в виде так называемого фальш-окна – экрана с изображениями природных пейзажей, освещение которых изменяется с учетом времени суток и сезона года.

Можно также рекомендовать использование индивидуальных средств и приемов (ритуалов), облегчающих засыпание, в том числе, аутогенную тренировку.

Завершая этот раздел, отметим, что в отечественной практике космической медицины в процедуре анализа режима труда и отдыха (РТО) и сопутствующих проблем (распорядка сна, десинхронизации циркадианных ритмов, избыточных рабочих нагрузок, утомления и переутомления) наблюдения, экспертные суждения, оценки космонавтов и ретроспективный анализ данных мониторинга РТО занимают основное место. В нашей области именно эти методы позволяют получать очень важную информацию. Такой подход к анализу материала является весьма эффективным и позволяет использовать данные полетного мониторинга РТО в разработках научно-прикладного характера.

Резюмируем все сказанное относительно мониторинга сна.

1. В процессе полета российские члены экипажа были вынуждены время от времени отступать от штатного распорядка сна (с 21:30 до 6:00 по Гринвичу), перемещая сон на другое время суток. Сдвиги сна в основном были вызваны необходимостью выполнения плановых ночных работ различного рода, а также визитами на станцию экспедиций посещения, прилетающих на Шаттлах.

2. Сдвиги могли быть точечными, т.е. сопровождавшими единственный эпизод, или, в крайнем случае, два последовательных эпизода

ночной работы. Иначе говоря, точечные сдвиги могли быть единичными и парными (однократными или сдвоенными). Если сдвиги совершались на протяжении трех и более суток подряд, они обозначались как пролонгированные.

3. На каждую из 36 экспедиций, отмеченных плановыми сдвигами сна, в среднем приходилось свыше 3 точечных сдвигов, а в реальности их могло быть в разных экспедициях от 1 до 8.

4. По нашей классификации, точечные сдвиги подразделялись на незначительные (30-45 мин), сравнительно небольшие (1,0-3,5 ч), сдвиги средней величины (4,0-6,5 ч) и значительные (7,0-12,0 ч). Среди них чаще всего встречались сравнительно небольшие сдвиги, их было примерно 45%. Сдвигов средней величины и значительных насчитывалось по 25%. Остальные 5% принадлежали сдвигам менее 1 ч.

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

6. Судя по результатам опроса космонавтов по поводу влияния сдвигов сна на самочувствие, сон и работоспособность, отзывы о точечных сдвигах были в основном благоприятными, в то время как все отзывы о пролонгированных сдвигах имели выраженную негативную окраску

7. В процессе полетного медико-психологического мониторинга у российских членов экипажей были выявлены прямые свидетельства и косвенные признаки недостаточности сна.

8. Прямыми свидетельствами дефицита сна, по субъективным оценкам космонавтов, были сокращение длительности ночного сна до 6-7 часов и регулярные задержки с отходом ко сну, как минимум, на 1 час, а нередко на 1,5-3 часа, с последующим подъемом в штатное время.

9. Косвенными признаками недостатка сна были стремление отсыпаться по выходным дням и спонтанные эпизоды кратковременного

дневного сна в рабочие дни. Такая практика наблюдалась во многих полетах МКС.

10. Нарушения сна космонавтов представляют одну из ведущих медицинских проблем орбитальных полетов. Поэтому субъективные оценки особенностей сна космонавтов в процессе полетного мониторинга нужно получать и в дальнейшем. Но недостаток этого метода в том, что он позволяет эксперту ограничиваться неточными или предположительными оценками. Было бы целесообразно дополнить его объективной регистрацией сна с использованием актографического метода. Преимущество актографии состоит в том, что она позволяет непрерывно фиксировать особенности сна в течение длительного времени, что полностью отвечает требованиям полетного мониторинга сна членов космических экипажей.

11. В числе ведущих мероприятий, направленных на профилактику и купирование нарушений сна космонавтов, в настоящее время можно рекомендовать нормализацию рабочей нагрузки членов экипажей на основе 6,5-часового лимита рабочего времени; минимизацию сдвигов сна как по их численности, так и по величине сдвига; снижение уровня шума и обеспечение благоприятного микроклимата в районе спальных мест; организацию на станции динамического режима светодиодного освещения, имитирующего природную суточную динамику светового климата в средних географических широтах Земного шара.

3. Психическая астенизация

В среде отечественных специалистов в области космической медицины сложилось мнение, согласно которому условия космического полета predispose к развитию у членов экипажей состояния психической астенизации (астенического, или астеноневротического синдрома).

Астенический синдром многократно описан в литературе. Интерес к этому феномену сохраняется и в последние годы. В качестве примера приведем работу Л.С. Чутко, С.Ю. Сурушкиной (2020), которые под астенией понимают патологическую усталость, неадекватную обычному

уровню активности, в сочетании с резким снижением работоспособности. Обычно астения сопровождается вялостью, неустойчивостью настроения, нарушениями сна, снижением способности к длительному умственному и физическому напряжению. Термин «астения» в переводе с греческого означает бессилие, слабость. С точки зрения этих авторов, астения представляет собой неспецифический синдром, который может сопровождать любые заболевания и даже развиваться у здоровых людей в определенных обстоятельствах.

Согласно современному определению (Мартынихин И.А., 2023), астенический синдром (астения) в клинической практике – это патологическое состояние, проявляющееся быстро наступающей усталостью после обычной нагрузки. Для астенического синдрома характерны 4 компонента психологической картины, а именно: (1) повышенная утомляемость; (2) гиперестезия (повышенная чувствительность к раздражителям) с нервозностью и эмоциональной лабильностью; (3) нарушения сна (часто трудности с засыпанием); (4) вегетативные нарушения (головные боли, потливость, сердцебиение, головокружение и т.д.). В наземных условиях астения развивается при всех тяжелых и средней тяжести заболеваниях (это, по мнению автора, самый частый синдром в медицине, неперенный компонент многих болезней), а также при хроническом утомлении (переутомлении).

Таким образом, согласно современным представлениям, астения – это не самостоятельная болезнь, а неспецифический синдром, поэтому она отсутствует в Международной классификации болезней (МКБ-10).

Синдром психической астенизации в космическом полете подробно рассмотрен в монографии В.И. Мясникова и др. (2000). Ссылаясь на работы М.А. Новикова, Ю.А. Александровского, Р.Б. Богдашевского, авторы отмечают, что у многих космонавтов в полетах развивается та или иная степень астенизации, достигающая в ряде случаев серьезной выраженности. Наряду с этим они подчеркивают, что астенический синдром представляет

собой единство адаптационных и дезадаптационных реакций, т.е. единство защиты и повреждения. Этот синдром является обратимым состоянием, допускающим восстановление нарушенных процессов после прекращения действия вызвавших его причин. По мнению авторов, ведущую роль в развитии астенического синдрома в космосе играют эмоциональный стресс и соматические изменения, обусловленные невесомостью, в частности, изменения церебральной гемодинамики. В те годы к числу таких изменений относили венозное полнокровие мозга, связанное с перераспределением крови в краниальном направлении вследствие выключения гравитационного фактора. И уже тогда в нашей стране (Мясников В.И. и др., 2000; Мясников В.И., Степанова С.И., 2002 а, б) были получены некоторые факты, указывающие на реальность развития в космическом полете внутричерепной гипертензии (ВЧГ), в частности, были зарегистрированы случаи послеполетного отека диска зрительного нерва, что является патогномоничным признаком повышенного внутричерепного давления. Кроме того, у одного из космонавтов на 4-е сутки после завершения полета при обследовании методом магнитно-резонансной томографии были обнаружены прямые свидетельства умеренно выраженной ВЧГ, предположительно связанные с нарушением оттока ликвора из церебральной области в спинномозговой канал. По мнению авторов, ВЧГ могла играть важную роль в патогенезе психической астенизации участников космических полетов. Тогда это были не столько утверждения, сколько опасения, так как соответствующих данных, полученных в процессе полета, в то время еще не было. Поэтому вопрос о реальности устойчивого повышения внутричерепного давления в космическом полете оставался открытым.

Сегодня ситуация уже другая. Прежде всего, имеются многочисленные косвенные свидетельства наличия ВЧГ в полете. Они связаны с феноменом так называемого космического нейроокулярного синдрома (Spaceflight-Associated Neuro-Ocular Syndrome – SANS). Как подчеркивают D.A. Fall et al. (2022), изучение SANS является приоритетным направлением текущих

исследований в области космической медицины. Космический нейроокулярный синдром включает ряд проявлений, среди которых отмечают прежде всего отек диска зрительного нерва, уплощение глазного яблока, гиперметропические изменения рефракции (дальнозоркость) и растяжение оболочек зрительного нерва. SANS может быть результатом взаимодействия множества факторов (Yang J.W. et al., 2022). Предполагается, что в механизме патогенеза SANS одним из вероятных звеньев является смещение жидких сред организма в краниальном направлении, которое может вызывать церебральный венозный застой и хроническое повышение внутричерепного давления (Marshall-Goebel K. et al., 2019; Kramer L.A. et al., 2020).

Для изучения феномена SANS в условиях полета используется УЗИ-регистрация диаметра оболочки зрительного нерва (ДОЗН). Вообще измерение ДОЗН использовалось как на Земле, так и в условиях микрогравитации для оценки внутричерепного давления (Fall D.A. et al., 2022). Когда внутричерепное давление повышается, оболочка зрительного нерва растягивается, и ДОЗН увеличивается.

В наземных клинических исследованиях было доказано, что ДОЗН надежно выявляет повышенное внутричерепное давление (Dubourg J. et al., 2011; Lochner P. et al., 2019; Bhargava V. et al., 2020; Fall D.A. et al., 2022). По словам V. Bhargava, et al. (2020), измерение диаметра оболочки зрительного нерва ультразвуковым методом очень чувствительно к наличию повышенного внутричерепного давления. Это подтверждают, в частности, данные K. Dağdelen, M. Ekici (2022): в их исследовании, по данным УЗИ, средний размер ДОЗН в группе пациентов с ВЧГ был статистически значимо выше (6,4 мм), чем в контрольной группе (4,9 мм). Как подчеркивает С. Robba (2022), ДОЗН может быть полезным методом оценки риска повышения внутричерепного давления, в частности, путем регистрации его изменений во времени. По сообщению этого автора, в ряде исследований ДОЗН оценивался параллельно с магнитно-резонансной томографией (МРТ)

и компьютерной томографией (КТ), демонстрируя хорошую точность оценки внутричерепного давления в реальном времени.

А что же происходит с ДОЗН в условиях космического полета? По свидетельству D.A. Fall et al. (2022), Mader и соавт. еще в 2011 г. сообщили о вздутии оболочки зрительного нерва у 6 из 7 астронавтов, обнаруженном после длительного космического полета (ДКП) при обследовании методом МРТ. В 2017 г. Mader и соавт. описали еще одного астронавта с увеличением ДОЗН в обоих глазах, обследованного после ДКП. Ссылаясь на публикации ряда исследователей, относящиеся к периоду 2011-2021 гг., D.A. Fall et al. (2022) сообщают о значительном (а иногда стойком и значительном) увеличении ДОЗН у астронавтов не только после (по данным МРТ-регистрации), но и во время космического полета (по данным УЗИ-регистрации).

Заметим, что в космическом полете были обнаружены, помимо ДОЗН, еще два феномена, которые также могут быть связаны с ВЧГ – уплощение глазного яблока со стороны задней стенки (Mader T.H. et al., 2020; Sater S.H., 2021) и увеличение общего объема желудочков мозга (Roberts D.L. et al., 2019). И наконец, в последние годы был зарегистрирован перипапиллярный отек диска зрительного нерва, причем уже не после, а во время космического полета (Macías B.R., 2020), который, как было сказано выше, однозначно указывает на повышенное внутричерепное давление.

Таким образом, сегодня можно с бóльшим основанием, нежели раньше, думать о повышении внутричерепного давления в условиях космического полета и вероятности его негативного воздействия на психическую работоспособность космонавтов. Такая вероятность подтверждается результатами наземных исследований по изучению когнитивных функций у лиц с идиопатической (возникшей по неустановленной причине) ВЧГ. По данным O. Grech et al. (2021), подобных исследований немного, но они свидетельствуют о когнитивных нарушениях, сопутствующих этому состоянию. Так, еще в 1986 году нарушения когнитивных функций были

официально объявлены составной частью клинического фенотипа ВЧГ. Пациенты с ВЧГ обычно сообщали о когнитивных расстройствах, включая проблемы с мышлением или памятью. В 10 случаях были обнаружены нарушения долговременной памяти, задержка воспоминаний и запоминания. В ряде исследований были показаны дефициты в ключевых областях, таких как память, обучение, зрительно-пространственные навыки, концентрация внимания, речь и исполнительные функции. [Напомним, что под исполнительными функциями понимается уникальная человеческая способность к осуществлению сложных и целенаправленных форм поведения и управлению собственной активностью (Алексеев А.А., Рупчев Г.Е., 2010)]. O. Grech et al. (2021) выявили у пациентов с ВЧГ значительные нарушения устойчивого внимания, выраженность которых носила волнообразный характер с улучшениями и ухудшениями [устойчивым считается внимание, способное долго оставаться сосредоточенным на одной и той же задаче]. Улучшение было связано со снижением внутричерепного давления. Авторы оценили познавательные способности обследуемых лиц до и после люмбальной пункции с сопутствующим резким снижением внутричерепного давления, и спустя некоторое время после манипуляции отметили значительное улучшение устойчивого внимания при выполнении когнитивных задач. Авторы считают, что когнитивные нарушения следует рассматривать как клиническое проявление идиопатической ВЧГ.

В исследовании I.A. Elbanhawy et al. (2019) пациенты с ВЧГ в сравнении с контрольной группой здоровых людей показали значительно худшие результаты в нескольких когнитивных сферах: рабочей памяти, исполнительных функциях, зрительно-пространственных функциях, внимании и скорости обработки информации. По заключению авторов, это является свидетельством мультидоменного (т.е. отмечаемого во многих областях) когнитивного нарушения при ВЧГ. Мультидоменный характер когнитивных нарушений у пациентов с ВЧГ был отмечен также в работе W. Wang et al. (2021).

Из сказанного следует, что ВЧГ способна провоцировать когнитивные дисфункции. Что касается космического полета, приведенные выше данные, хотя и косвенно, но все же подкрепляют изначальные предположения о наличии в космосе ВЧГ и позволяют считать ВЧГ одним из вероятных факторов риска развития психической астенизации космонавтов. Для более уверенных суждений необходимы дальнейшие исследования, требующие разработки чувствительных методов неинвазивного контроля ВЧГ, пригодных для использования в условиях космического полета.

В развитие представлений о «космическом» синдроме психической астенизации необходимо остановиться на феномене избыточных (сверхнормативных) рабочих нагрузок. Отечественные специалисты ранее не включали его в число факторов риска развития психической астенизации космонавтов. Как показали наши исследования, сверхнормативные рабочие нагрузки к 20-м годам текущего столетия прочно закрепились в РТО российских космонавтов и приобрели систематический характер. Именно это обстоятельство дает основание включить сверхнормативные нагрузки в перечень факторов, способных провоцировать развитие психической астенизации участников космических полетов. В обзорной работе С.И. Степановой и др. (2023) подчеркивается, что «напряженная работа с недостаточным отдыхом может сопровождаться развитием переутомления. Установлено, что типичными следствиями переутомления являются расстройства сна: затрудненное засыпание, дневная сонливость, а в тяжелых случаях – бессонница. В своей монографии “Профессиональное утомление: фундаментальные и прикладные проблемы” В.А. Бодров сообщает о том, что свидетельства нарушений сна в состоянии переутомления были получены еще в XIX столетии итальянским физиологом А. Моссо, по словам которого “...ненормальное функционирование переутомленного организма проявляется в том, что отдых и сон не даются ему...”. Наряду с этим В.А. Бодров приводит аналогичные данные К.К. Платонова, опубликованные в 60-е гг. XX в.» (Степанова С.И. и др., 2023, с.10).

Современные исследователи (Магамедэминова М.М. и др., 2020; Fan J. et al., 2021) также сообщают о нарушениях сна в связи с высокими рабочими нагрузками и переутомлением. Среди этих работ привлекают внимание публикации, посвященные выявлению проблем со сном у трудооголиков (людей, проявляющих навязчивое и неконтролируемое стремление работать). В них подтверждается связь между трудооголизмом и нарушениями сна, т.е. фактически связь между избыточными рабочими нагрузками и расстройствами сна (Ariapooran S., 2019; Scafuri Kovalchuk et al., 2019; Allam H.K. et al., 2021).

В свою очередь недостаток сна приводит к отрицательным последствиям в когнитивной и эмоциональной сферах. По свидетельству М.Г. Полуэктова (20/2018), в первом же опыте с полной депривацией сна у человека, проведенном в США в 1896 г., был сделан вывод о негативном влиянии лишения сна на когнитивные функции. Позже, в том числе в последние годы, это было подтверждено данными многочисленных исследований (Killgore W.D.S., 2010; Dzierzewski J.M. et al., 2018, 2022; Gerhardsson A. et al., 2019; Massar S.A.A. et al., 2019; Maggi G. et al., 2021; Newbury C.R. et al., 2021; Griggs S. et al. (2022); Liao H. et al., 2022; Maki K.A. et al., 2022; Khan M.A., Al-Jahdali H., 2023; Wu S. et al., 2023). Исследователи США (Deak M.C., Stickgold R., 2010) пишут о пагубном влиянии лишения сна на когнитивные функции, о серьезных нарушениях внимания, памяти и исполнительных функций, вызванных недостатком сна. Согласно их данным, последствием лишения сна является резкий дефицит когнитивной обработки получаемой информации. В одной из недавних работ (Бокебаев Е.Т. и др., 2022) было отмечено сочетание когнитивных расстройств с нарушениями сна: у лиц молодого возраста со снижением когнитивных функций отмечались пресомнические проблемы со сном (трудности засыпания «тяжелой» и «очень тяжелой» степени выраженности), интрасомнические нарушения (трудности поддержания сна – поверхностный сон, частые ночные пробуждения) и постсомнические расстройства (слишком раннее

завершение сна и преждевременный подъем). Исключением явились 3 публикации (Thomas J. et al., 2019, 2020, 2021), авторы которых не обнаружили влияния депривации сна на когнитивные функции обследуемых лиц. Здесь нет никакого противоречия: несовпадение результатов может объясняться различиями в методическом обеспечении исследований. В связи с этой темой представляет интерес сообщение E.E. Flynn-Evans et al. (2020). Ссылаясь на других исследователей, авторы отмечают, что люди не могут оценить степень снижения работоспособности после нескольких суток ограничения сна. Это значит, что лица, испытывающие хронический недостаток сна, не осознают, что они работают плохо. Несоответствие между тем, как люди себя чувствуют, и тем, как они работают, было найдено во многих отраслях деятельности, где важна безопасность.

Интересно также отметить работу (Sauvet F. et al., 2020), в которой было обнаружено защитное влияние физических упражнений (7-недельной интервальной тренировки средней и высокой интенсивности) на когнитивные функции здоровых молодых мужчин в условиях 40-часовой полной депривации сна. Это может иметь отношение к космическим полетам, в частности, к сравнительно легкой переносимости ночной работы с «точечными» сдвигами сна: ведь космонавты в полетах выполняют высокоинтенсивные интервальные физические тренировки, на которые ежедневно отводится по 2,5 ч (Козловская И.Б. и др., 2011). Нужно также учитывать, что в космическом полете его участники испытывают негативное влияние изоляции от природной и социальной среды. В работе T. Klein et al. (2023) было показано, что в условиях изоляции регулярные физические упражнения являются ключевым фактором поддержания здоровья и функционирования мозга. Таким образом, оказывается, что полетные физические тренировки нужны космонавтам не только для сохранения физической формы, но и для противодействия негативным психофизиологическим эффектам изоляции в виде ухудшения сна, снижения настроения и когнитивных дисфункций. Действительно, полезность

физических тренировок с точки зрения поддержания психического благополучия участников космических полетов (включая благотворное влияние на когнитивные функции и здоровье мозга) отмечают К.Е. Hupfeld et al. (2021).

Справедливости ради надо сказать, что, по данным J. Weber et al. (2019) и J.Nasrini et al. (2020), 30-суточная и 2-недельная изоляция не оказывает существенного влияния на активность мозга, когнитивные способности настроение. Такие результаты также могли быть связаны с методическими особенностями исследования.

Известно, что одним из факторов, провоцирующих нарушения сна, является эмоциональный стресс. Подробно об этом сказано в работе Е.А. Юматова и др. (2016, с. 9): «высокий уровень эмоционального напряжения во время бодрствования, сильные эмоциональные переживания приводят к инсомнии (к нарушению сна), которая проявляется снижением “качества сна”, бессонницей, трудностью засыпания, многократным пробуждением среди ночи и ранним утренним пробуждением, наличием сонливости и усталости после сна, чрезмерным движением и храпом во сне». Но в то же время, по словам этих авторов, «...ограничение сна способствует развитию эмоционального стресса, который является основной причиной нарушения сна. При этом складывается порочный круг: вызванные стрессом нарушения сна становятся дополнительным провоцирующим фактором, усугубляющим стресс» (с. 6).

Данные о связи нарушений сна со стрессом различной этиологии содержатся в работах Е.Е. Kploani et al. (2020), S. Marelli et al. (2021). Как подчеркивают А.М. Нарбут, М.Г. Полуэктов (2021), состояние дистресса (негативной формы стресса) сопровождается фрагментацией сна, увеличением латентности (длительности засыпания) и изменениями процентного содержания некоторых стадий. При постоянном действии стресс-факторов нарушения сна могут принимать форму хронической инсомнии. При этом люди с высокой стресс-реактивностью сна испытывают

резкое ухудшение сна при стрессе, в то время как люди с низкой реактивностью сна, переживая стресс, тем не менее, сохраняют более или менее нормальный сон. Высокая стресс-реактивность сна соответствует тяжелым проявлениям инсомнии.

Если смотреть шире, имея в виду связь сна с бодрствованием как активной фазой суточного цикла жизнедеятельности, инсомния – это не только плохое качество сна, но и нарушение дневного функционирования (Ковров Г.В. и др., 2013).² По данным М.Г. Полуэктова (20/2018), «ночные» симптомы инсомнии – это трудности засыпания, частые пробуждения, ранние утренние пробуждения, ощущение некачественного, невосстанавливающего сна. К «дневным» проявлениям инсомнии относятся ощущение усталости, нарушение социального, семейного, производственного или учебного функционирования, расстройство настроения, дневная сонливость, снижение мотивации, энергичности, инициативности, подверженность ошибкам и несчастным случаям, беспокойство о своем сне и неудовлетворенность им. Когнитивные нарушения в форме нарушения внимания, сосредоточения или запоминания также входят в «дневные» критерии диагноза инсомнии.

Ссылаясь на перечень основных расстройств бодрствования, которые могут сопровождать инсомнию (данный перечень приводится в Международной классификации расстройств сна 2005 г.), Г.В. Ковров и др. (2013) указывают, что «для постановки диагноза инсомнии необходимо выявить, как минимум, одну из следующих форм дневного ухудшения функционирования, которые связаны с трудностями ночного сна: усталость или недомогание, снижение внимания, памяти, социальная или профессиональная дисфункция или снижение обучаемости, нарушение

² По сообщению Г.В. Коврова и др. (2013), согласно последней Международной классификации расстройств сна 2005 г. (ICSD) инсомния определяется как «повторяющиеся нарушения инициации, продолжительности, консолидации или качества сна, случающиеся несмотря на наличие достаточного количества времени и условий для сна и проявляющиеся нарушениями дневной деятельности различного вида» (С. 55).

настроения или раздражительность, дневная сонливость, снижение мотиваций, энергии или инициативы, предрасположенность к несчастным случаям на работе или во время вождения автомобиля, напряженность, головные боли или гастроинтестинальные симптомы в ответ на плохой сон, волнение или беспокойство во сне» (с. 55).

Учитывая всё сказанное, процесс формирования астенического синдрома в космическом полете схематически и в самых общих чертах можно представить себе следующим образом (рис. 33). Характерно наличие многочисленных связей между компонентами схемы, что дает основания рассматривать «космическую» астенизацию не как простую совокупность отдельных проявлений, а как единый симптомокомплекс.

Как отмечают В.И. Мясников и др. (2000), в условиях космического полета астенический синдром проходит в своем развитии три стадии. Первая стадия проявляется главным образом в повышенной эмоциональной возбудимости. Вторая стадия характеризуется симптомокомплексом, в основе которого лежат неустойчивость настроения, частые жалобы на усталость, снижение качества выполнения профессиональных операций, ухудшение сна. Для третьей стадии типичны: устойчиво сниженный фон настроения, подчеркнутая раздражительность, конфликтная напряженность, частые и грубые ошибки при выполнении профессиональных операций, выраженные расстройства сна, требующие систематического применения снотворных.

С нашей точки зрения представление о «космическом» астеническом синдроме как динамичном явлении, т.е. как о процессе, очень конструктивно. Оно позволяет понимать, что если вспышки раздражительности, жалобы на усталость и недосыпание являются незначительными событиями нашей повседневной жизни, то в космическом полете они должны рассматриваться как признаки зарождения психосоматического неблагополучия. Поэтому

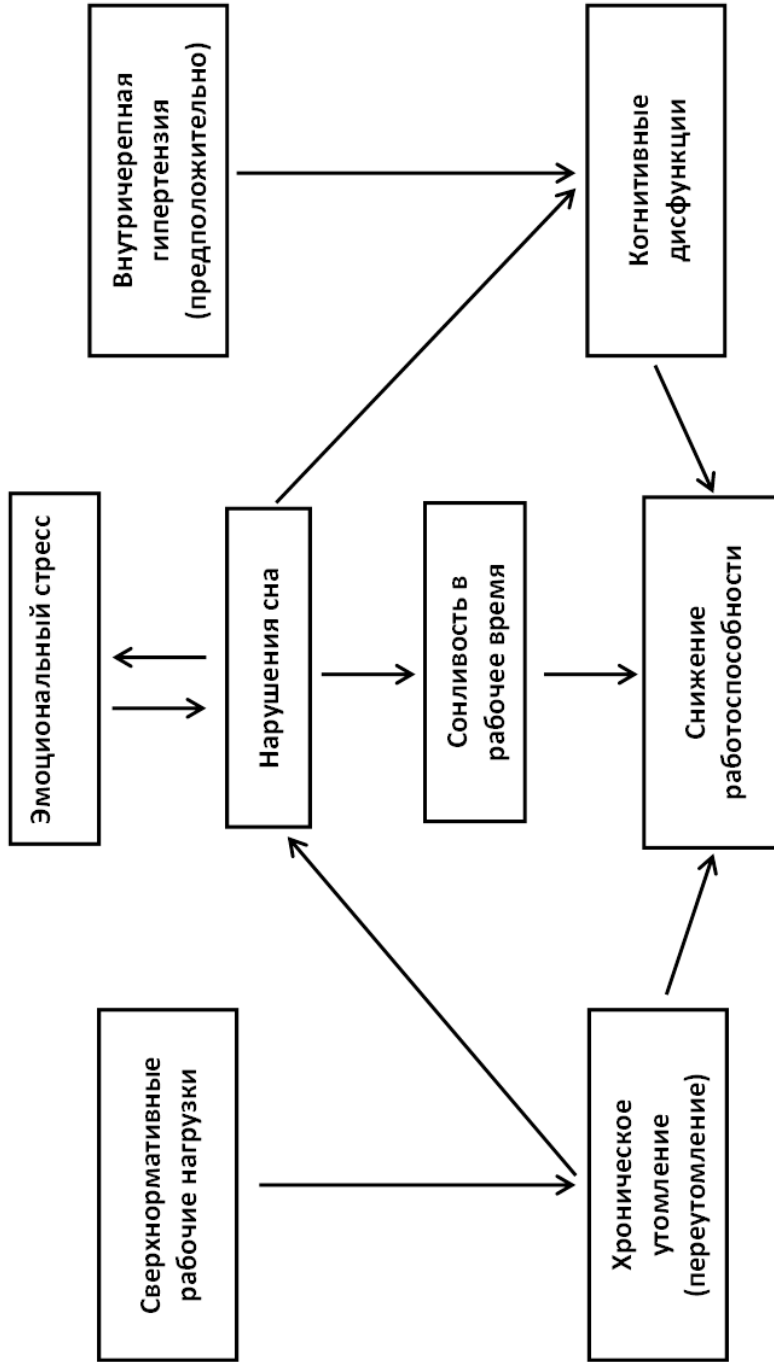


Рисунок 33 – Основные этиологические факторы и проявления «космического» синдрома психической астенизации

в процессе полетного мониторинга к таким сигналам надо относиться серьезно: во-первых, фиксировать на них внимание, во-вторых тут же выяснять возможные причины их появления, и в третьих, незамедлительно предпринимать меры по их купированию. Это поможет избежать перехода астенизации к кульминационной стадии развития. По мнению D.P. Koller et al. (2021), неспособность определить основные причины дефицита сна в космосе может привести к повышенному риску ошибочных действий и несчастных случаев. Ссылаясь на работы D. Manzey et al., опубликованные в период 1993-1998 гг., эти авторы отмечают снижение производительности участников космических полетов при выполнении когнитивных задач, таких как поиск в памяти, следящая деятельность и запоминание слов. Российские специалисты могли бы предположительно отнести эти факты к числу проявлений астенического синдрома.

Как подчеркивают В.И. Мясников и др. (2000), в космических полетах, как правило, отмечаются первые две стадии астенического синдрома. Поэтому неудивительно, что полетные врачи NASA, а также психиатры и психологи, принимавшие участие в обеспечении космических миссий (Sandoval L. et al., 2012), по их словам, не наблюдали у кого-либо из астронавтов всей совокупности симптомов, характерных для развернутой картины психической астенизации (т.е. сочетания раздражительности, нарушений сна, утомляемости, трудностей с концентрацией внимания, снижения профессиональной работоспособности). Поэтому они отказываются квалифицировать астенизацию как единый синдром и предпочитают рассматривать ее как “серию множественных состояний”. При этом они допускают возможность развития “хотя бы частичной” астении в длительных орбитальных полетах.

Данные, полученные в полетах российских космонавтов, содержат в себе признаки астенического синдрома. Мы наблюдали описанные выше свидетельства утомления (жалобы на усталость) и неполноценности сна. Наши коллеги – российские специалисты (Нечаев А.П. и др., 2019) отмечали

у космонавтов снижение профессиональной продуктивности (увеличение числа ошибочных действий) на фоне нарастания проблем с РТО. Что касается трудностей с концентрацией внимания, связанных со сдвигами сна, их весьма красочно описал один из членов экипажей МКС (по: Степанова С.И., 2011, с. 188-189). «Особенно остро мы почувствовали сдвиг зоны сна где-то за 1,5 – 2 месяца до окончания полета, когда работали практически в перевернутом режиме – сон был сдвинут сначала влево на 4 часа (на 28 суток), затем вправо на 6-12 часов (на 35 суток). В этот период мы полностью потеряли ощущение дня и ночи и спали, когда это представлялось возможным. Не всегда приятно говорить про себя такие вещи, но были периоды, когда голова полностью не соображала, появлялись настолько глупые ошибки, что потом сам не мог дать рационального объяснения их появлению: смотришь на одну кнопку, а нажимаешь на другую. ... В общем, коэффициент одурения очень высокий. В результате этого вероятность появления ошибочных действий увеличивается и, соответственно, возможна неадекватная реакция на рекомендации Земли, неадекватная трактовка документации.

Кроме того, увеличивается время принятия решений, что естественно снижает работоспособность и производительность труда. На простую работу, на простую операцию, которую знаешь, которую много раз делал, уходит времени больше в несколько раз. Пошел за какой-то вещью, по дороге забыл, за чем пошел; взял что-то в руки и думаешь, а зачем я это взял. Это все результат рассеянности, трудности сосредоточения внимания на каком-либо предмете и факте, на какой-либо деятельности. Концентрация внимания очень низкая, требуются большие усилия, большие ресурсы, затраты, чтоб удерживать внимание сконцентрированным на том, что ты делаешь. В результате уровень усталости к концу рабочего дня очень высокий. Помимо этого, сдвиги сна очень сильно снижают эффективность физических тренировок. Были случаи, когда приходилось заниматься через силу, а иногда организм наотрез отказывался выполнять физические упражнения. В какой

то момент, ситуация дошла до близкой к критической, и я уже был почти готов просить пощады у руководства полетом». Можно ли сомневаться в том, что этот космонавт пребывал в состоянии психической и отчасти физической астенизации?

К этому стоит добавить данные, полученные в уникальном исследовании специалистов США и свидетельствующие о негативном влиянии условий космического полета на познавательную сферу. По сообщению I. Arshad, E.R. Ferré (2023), в этом исследовании когнитивные способности астронавта Скотта Келли, находившегося на борту МКС 340 дней, сравнивали с показателями его идентичного брата-близнеца, астронавта Марка Келли, который оставался на Земле. В процессе полета Скотт отставал от брата в обучаемости, принятии решений, исполнительных функциях и распознавании эмоций. Теоретически это могло быть связано с феноменом «космической» астенизации.

Надо сказать, что отношение к концепции «космического» синдрома психической астенизации в кругах специалистов разного профиля, причастных к медико-психологическому обеспечению пилотируемых космических полетов, неоднозначно. Одни поддерживают ее, другие сомневаются, считая, что она недостаточно убедительна, поскольку полетная практика далеко не всегда имеет дело с выраженными формами астенического состояния.

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 в виде жалоб космонавтов на чрезмерную занятость и усталость, на проблемы со сном (трудность засыпания, прерывистый сон, стремление отсыпаться в выходные дни). 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.

Резюме.

1. Внутрочерепная гипертензия должна рассматриваться как вероятный, а сверхнормативные рабочие нагрузки – как несомненный фактор риска развития психической астенизации участников космических полетов.

2. В процессе полета необходимо обращать внимание на поиск начальных признаков психической астенизации космонавтов и в необходимых случаях обеспечивать проведение неотложных профилактических и коррекционных мероприятий, вплоть до временного отстранения от работы и предоставления достаточно продолжительного отдыха.

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 это проявляется в виде сверхнормативных работ и эпизодов дестабилизации распорядка сна. Как показали наши исследования, эти явления связаны с рядом объективных и субъективных причин, в том числе, с пренебрежительным отношением к отдыху, с непониманием того, что отдых – это неотъемлемая часть рабочего процесса, необходимая для поддержания работоспособности. По нашим данным, недостаточное внимание к отдыху свойственно 25% космонавтов. К тому же следует отметить, что документально оформленные требования к РТО не встречают нужной поддержки со стороны лиц, ответственных за обеспечение космических

полетов. Нельзя сказать, что они не признают важности этих требований. Руководство научно-технического центра (НТЦ) РКК «Энергия» ежегодно направляет в адрес медицинских специалистов, принимающих участие в сопровождении космических полетов, запросы на информацию «об особенностях психофизиологического состояния экипажа (степень адаптации, усталость после напряженной работы, недостаточность отдыха, изменения режима труда и отдыха), которое могло явиться предпосылкой ошибочных действий космонавтов». Из приведенного фрагмента стандартного текста этих запросов, взятого в кавычки, с очевидностью следует, что, по мнению руководства РКК «Энергия», три из четырех предполагаемых предпосылок ошибочных действий имеют прямое отношение к полетному мониторингу РТО. Такое мнение нужно считать совершенно правильным, потому что данные полетного мониторинга РТО могут и должны использоваться для вероятностной оценки и ближайшего прогнозирования профессиональной работоспособности космонавта. Тем не менее, отклонения от требований к трудовому распорядку прочно закрепились в практике современных космических полетов. Не исключено, что такая практика сохранится и позже в процессе осуществления как околоземных, так и межпланетных экспедиций. Во всяком случае, в числе требований к отбору участников лунных экспедиций, сформулированных в работе Б.И. Крючкова и др. (2018), психологическая готовность к поддержанию рационального РТО не числится, зато упоминается «выносливость при большом объеме работ в открытом космосе, на Луне при гравитации $1/6\text{ g}$ и сложном рельефе поверхности», т.е. ограничение объема работ в соответствии с требованиями к РТО даже не предполагается.

Необходимость мониторинга РТО в межпланетном полете так же, впрочем, как и в околоземном, не может подвергаться никакому сомнению, поскольку он позволяет космонавтам сохранять здоровье и работоспособность в чрезвычайно трудных условиях орбитального, а тем более межпланетного полета. По свидетельству Б.И. Крючкова и др. (2018),

главной чертой этих полетов будет их автономность на большом расстоянии от Земли, исключая возможность экстренной поддержки в случае возникновения аварийных ситуаций.

Будущее отечественной космонавтики связано с поэтапным освоением Луны и Марса.

Предполагается, что реализация российской лунной программы будет проходить по следующему сценарию.

Этап 1. Пилотируемые миссии без высадки человека на Луну, в том числе длительное (многосуточное) пребывание экипажа на окололунной орбите.

Этап 2. Экспедиция с высадкой на поверхность Луны с последующим возвратом на орбитальный корабль. Не исключено, что будет выполнена серия таких высадок.

Этап 3. Строительство и эксплуатация длительно функционирующей посещаемой базы с многомесячным пребыванием сменных экспедиций.

Подобно тому, как это происходит в околоземных космических полетах, организация труда и отдыха участников межпланетных экспедиций должна строиться на основе привычного жизненного распорядка, т.е. на основе требований, которые приняты сегодня на МКС. Отступать от этих требований нет оснований, потому что, как бы далеко ни отправился человек, – на Луну, на Марс или на любую другую планету, – он везде останется самим собой, со своей физиологией и психикой, со своими привычками, возможностями и образом жизни.

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. Следовательно, Солнце очень медленно перемещается по лунному небосводу, и динамика естественного освещения в условиях пребывания на Луне не будет способствовать поддержанию 24-часового ритма сна-бодрствования. 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 осуществления лунной программы мониторинг РТО должен проводиться наряду с мониторингом психического состояния членов экипажей. Особенности проведения мониторинга РТО будут зависеть от присутствия врача в составе экспедиции. На 1-м этапе это, скорее всего, будет невозможно из-за ограничения численности экипажа двумя или тремя космонавтами, которые, как предполагается, будут управлять с орбиты исследовательской аппаратурой, заранее доставленной на поверхность Луны. Мониторинг РТО будет осуществляться с Земли. На 2-м этапе количество участников экспедиции (экспедиций), вероятно, будет больше, что позволит включить в их число врача экипажа. На 3-м этапе пребывание врача на лунной базе должно быть обязательным. Здесь ему придется, помимо прочего, осуществлять мониторинг РТО и психического состояния космонавтов. В том, что касается мониторинга РТО, на всех этапах реализации лунной программы большую помощь 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).

Возможно, врач экипажа будет выполнять свои обязанности в контакте с наземным медицинским персоналом. Детально все эти вопросы должны быть рассмотрены в процессе подготовки пилотируемых лунных миссий. Такая работа потребует информации следующего содержания:

- ✓ общая продолжительность экспедиции;
- ✓ численный и профессиональный состав экипажа;
- ✓ распределение членов экипажа между лунным модулем и транспортным орбитальным кораблем, технология их взаимодействия;
- ✓ организация работы с круглосуточным дежурством, либо с совместным сном всех членов экипажа;

[Детальный вариант построения РТО экипажа из 3 космонавтов в условиях круглосуточного дежурства на борту окололунного орбитального объекта приведен на рис. 34].

- ✓ на лунной базе – организация работ в темный и светлый периоды суток;
- ✓ однократная продолжительность эффективного дистанционного управления техническими средствами, действующими на поверхности Луны.

[Согласно данным У. Вудсона, Д. Коновера (1968), непрерывная продолжительность очень ответственной, но монотонной работы, требующей сосредоточенного внимания, не должна превышать 2 ч. Работа, требующая исключительной точности движений и очень большой скорости ответной реакции, причем времени на расслабление не дается, должна быть ограничена 30 минутами. Очевидно, именно эти показатели должны определять плановые сроки работы экипажа, управляющего роботами-автоматами, находящимися на поверхности Луны.]

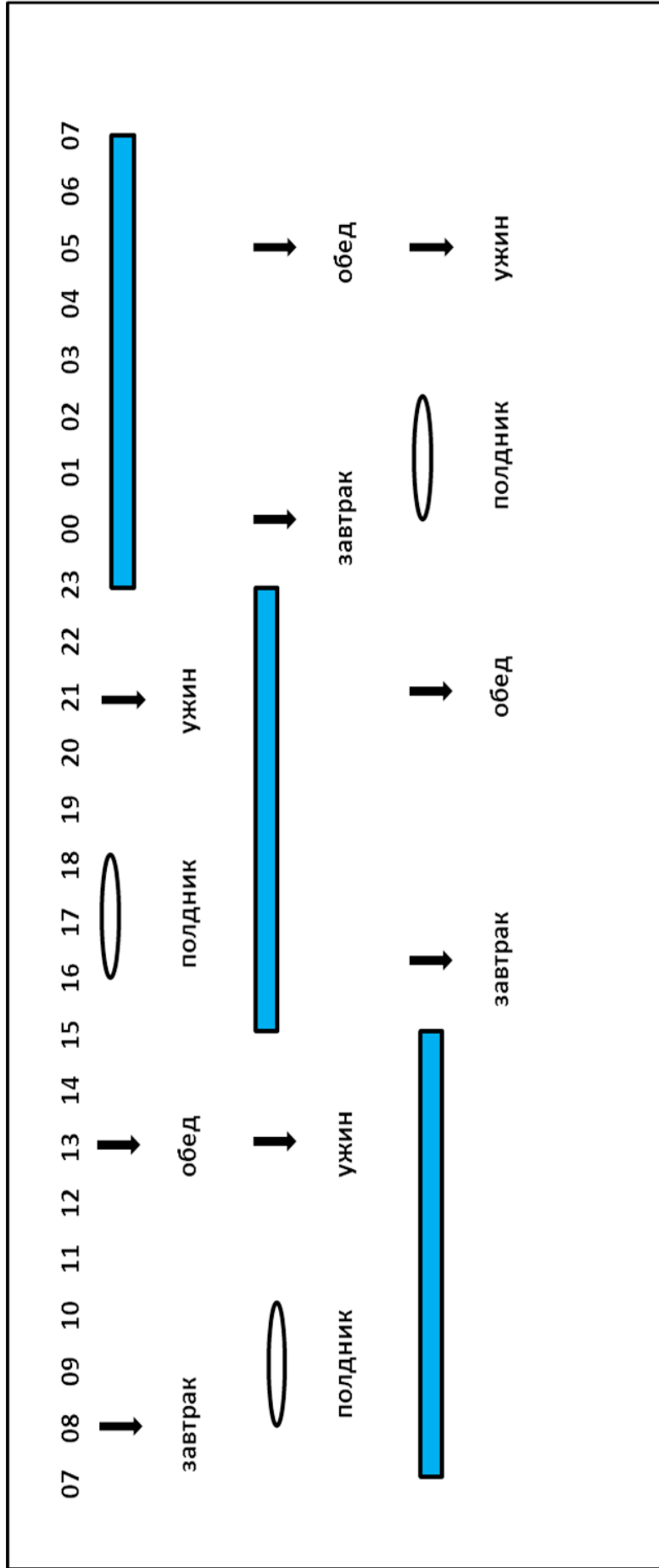


Рисунок 34 – Вариант построения режима труда и отдыха участников окололунной орбитальной экспедиции в составе 3 человек в условиях круглосуточного непрерывного дежурства. Верхний ряд цифр – время суток (часы), синие прямоугольники – периоды сна

Вопросы медицинского обеспечения экспедиции к Марсу рассмотрены в коллективной монографии «Пилотируемая экспедиция на Марс» (Коротеев А.С. – гл. ред., 2006). В ней, в частности, 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. Предполагается включение в состав экипажа высококвалифицированного врача и его помощника (работника со средним медицинским образованием). 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. В отношении требований к рабочей занятости участников марсианской экспедиции, можно, по крайней мере, на первых порах ориентироваться на принятый в околоземных полетах нормативный лимит (6,5 ч в рабочий день и 1 ч в день отдыха). Этот показатель при необходимости можно будет скорректировать в сторону уменьшения. А вот с распорядком сна дело обстоит не так просто. Продолжительность суток на

Марсе составляет 24 часа 36 минут (или, по некоторым данным, 24 часа 37 минут). Разница с земными сутками мала. На первый взгляд, это хорошо. Тем более что там есть важнейший датчик времени – суточное чередование света и темноты, который будет настраивать биологические часы космонавтов не на земные, а на марсианские сутки. Сегодня нельзя сказать, насколько успешной будет такая настройка, но то, что она будет происходить, это бесспорно. Тем более, что на Земле, контролируя свой жизненный распорядок, мы привыкли ориентироваться на природные ритмические явления. Такая привычка останется с нами и на Марсе. Это дает основания ожидать, что обитатели марсианских баз будут стремиться жить по марсианскому времени, вместо того, чтобы искусственно поддерживать 24-часовую цикличность сна-бодрствования, входя в противоречие с природной свето-темновой обстановкой. Конечно, можно будет полностью изолироваться от естественных условий. Но надо ли это делать, учитывая положительное влияние солнечного света на эмоциональное состояние человека? Несомненно, лучше всего не терять контакта с солнечным освещением, но 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. Но даже если во время пребывания на Марсе они будут придерживаться не марсианских, а земных 24-часовых суток, это вряд ли избавит их от нарушений сна. Об этом свидетельствуют данные, полученные в наземном эксперименте с 520-суточной изоляцией его участников. Этот эксперимент был выполнен в рамках проекта «Марс-500» в период с июня 2010 г. по ноябрь 2011 г. в Институте медико-биологических проблем РАН. В

эксперименте имитировался полет на Марс мужского экипажа из 6 человек с кратковременной высадкой на планету. Испытуемые жили в режиме 24-часовых суток. В процессе эксперимента эпизодически выполнялась полисомнографическая регистрация ночного сна его участников. Было выявлено снижение эффективности сна, удлинение латенции сна и укорочение латенции дельта-сна. Частота ночей с низкой эффективностью сна значительно нарастала в преддверии важных для “космонавтов” событий, таких как симуляция выхода на Марс и окончание изоляции (Завалко И.М. и др., 2013). Эти результаты подчеркивают необходимость мониторинга сна будущих участников экспедиции к Марсу с целью оперативного предупреждения неблагоприятных последствий его нарушений.

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. В космических 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 ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский Ю.А., Новиков М.А. Принципы психопрофилактики и коррекции психологических состояний // Человек в космическом полете. Москва: Наука, 1997. Т. III. Кн. 2. Гл. 20. С. 269-290.
2. Алексеев А.А., Рупчев Г.Е. Понятие об исполнительных функциях в психологических исследованиях: перспективы и противоречия // Психологические исследования (электронный журнал). 2010. № 4 (12). URL: <http://psystudy.ru> 0421000116/0036
3. Алякринский Б.С. Основы научной организации труда и отдыха космонавтов. Москва: Медицина, 1975. 208 с.
4. Алякринский Б.С. Адаптация в аспекте биоритмологии // Проблемы временной организации живых систем. Москва: Наука, 1979. С. 8-36.
5. Алякринский Б.С. Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе (Проблемы космической биологии. Т. 46). Москва: Наука, 1983. 247 с.
6. Андлауер П., Метц Б. Сменная работа по меняющемуся графику // Шеррер Ж. Физиология труда (Эргономия). Москва: Медицина, 1973. С. 456-463.
7. Аристотель. Сочинения Т.4. Никомахова этика. Пер. с древнегреческого. Москва: Мысль, 1984. С. 53-293.
8. Бирюков Е.Н., Богомолов В.В., Свистунов И.Б. Организация медицинского обеспечения // Результаты медицинских исследований, выполненных на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» - «Союз». Москва: Наука, 1986. С. 23-30.
9. Богдашевский Р.Б. Анализ динамики психического состояния российско-американских экипажей комплекса «Мир» // Третья Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос» (11-12 ноября 1997 г.): Тезисы докладов. Москва: РИО Российского государственного научно-исследовательского

испытательного центра подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина. 1997. С. 297-299.

10. Богомолов В.В., Поляков А.В., Ковачевич И.В., Алферова И.В., Репенкова Л.Г., Турчанинова В.Ф. Медицинское сопровождение длительных (около года и более) пилотируемых полетов на орбитальной станции «Мир» // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 1. С. 33-38.

11. Бокебаев Е.Т., Касенова А.С., Тазабекова Г.С. Влияние когнитивных нарушений на качество сна у лиц молодого возраста // Вестник КазНМУ. 2022. № 4. С. 281-285.

12. Бочкарев М.В., Коростовцева Л.С., Коломейчук С.Н., Петрашова Д.А., Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Свиричев Ю.В. Роль сна и изменений ритма сна-бодрствования в адаптации к условиям Арктики // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16. № 2. С. 86-95.

13. Бричагина А.С., Семенова Н.В., Мадаева И.М. Система глутатиона при нарушениях сна (обзор литературы) // Acta Biomedica Scientifica. 2020. Т. 5. № 6. С. 133-143.

14. Бубеев Ю.А., Усов В.М., Сергеев С.Ф., Крючков Б.И., Михайлюк М.В., Йоханнес Б. Итоги космического эксперимента «Пилот-Т» для моделирования взаимодействия в системе «человек-робот» на лунной поверхности // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 7. С. 65-75.

15. Бухтияров И.В., Рубцов М.Ю., Юшкова О.И. Профессиональный стресс в результате сменного труда как фактор риска нарушения здоровья работников // Анализ риска здоровью. 2016. № 3. С. 110-121.

16. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. Москва: Мир, 1968. 517 с.

17. Григорьев А.И., Ушаков И.Б. (ред.). Институт медико-биологических проблем: полвека на службе науке и человеку в Космосе и

на Земле. Москва–Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. 488 с.

18. Губин В.А., Петрук С.А. Проблема психологической совместимости и сработанности: теория и практика// Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. 2020. № 4. С. 153-164.

19. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Ленинград: Медицина, Ленинградское отделение, 1973. 141 с.

20. Гуровский Н.Н., Егоров А.Д. Изменения основных функций организма в космических полетах // Результаты медицинских исследований, выполненных на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» - «Союз». Москва: Наука, 1986. С. 19-23.

21. Еськов К.Н. Взаимосвязанная операторская деятельность изолированной малой группы (методика Гомеостат): дис. ... канд. биол. наук: 14.03.08. – ГНЦ РФ-ИМБП РАН, Москва, 2019 – 148 с. (а)

22. Еськов К.Н. Влияние гендерного фактора на качество групповой взаимозависимой операторской деятельности в эксперименте с непродолжительной камерной изоляцией // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 2. С. 57-61. (б)

23. Еськов К.Н. Классификация стилей инструментального поведения операторов при выполнении гомеостатических задач // Системная психология и социология. 2020. Т. 36. № 4. С. 48-57.

24. Еськов К.Н. Роль инструментального поведения операторов в реализации групповой взаимосвязанной деятельности // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55. № 4. С. 60-66. (а)

25. Еськов К.Н. Особенности индивидуального поведения операторов и результативность взаимосвязанной операторской деятельности // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIV

Международной научно-практической конференции 17-19 ноября 2021 года. Звездный городок. 2021. С. 279-281. (б)

26. Еськов К.Н. Типы инструментального поведения и результаты взаимозависимой операторской деятельности // Технологии живых систем. 2022. Т. 19. № 1. С. 56-62.

27. Завалко И.М., Рассказова Е.И., Гордеев С.А., Палатов С.У., Ковров Г.В. Влияние длительной изоляции и ожидания значимого события на сон человека: результаты проекта «Марс-520» // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 6. С. 45-52.

28. Каминский Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных. Ленинград: Медицина, 1964. 252 с.

29. Каспранский Р. Развитие российской и мировой космонавтики ставит перед врачами новые задачи // Кто есть кто в медицине. 2023. № 1 (119). URL: <https://ktovmedicine.ru/2023/1/razvitie-rossiyskoy-i-mirovoy-kosmonavtiki-stavit-pered-vrachami-novye-zadachi.html>

30. Ковров Г.В., Рассказова Е.И., Лебедев М.А., Палатов С.Ю. Инсомния и нарушение дневного функционирования // Медицинский совет. 2013. № 12. С. 55-59.

31. Козеренко О.П., Бенке Т., Герстенбранд Ф. Исследование когнитивных функций в длительном космическом полете (эксперимент «Когимир-2») // Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. Т. 2. Медико-биологические эксперименты на ОС «Мир». Москва, 2002. С. 271-278.

32. Козловская И.Б., Ярманова Е.Н., Егоров А.Д., Степанцов В.И., Фомина Е.В., Томиловская Е.С., Шпаков А.В., Хуснутдинова Д.Р., Шипов А.А. Развитие российской системы профилактики неблагоприятных влияний невесомости в длительных полетах на МКС // Международная космическая станция. Российский сегмент. Т. 1. Медицинское обеспечение экипажей МКС. Москва, 2011. С. 63-98.

33. Коротеев А.С. (гл. ред.). Пилотируемая экспедиция на Марс. Москва: Российская академия космонавтики им. К.Э.Циолковского, 2006. 320 с.
34. Крючков Б. И., Усов В. М. Освоение человеком экстремальной среды обитания // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 1. С. 82-94.
35. Крючков Б. И., Усов В. М., Ярополов В. И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. 2016. № 2 (19). С. 35–57.
36. Крючков Б.И., Харламов М.М., Курицын А.А., Усов В.М. Отбор космонавтов: опыт и прогнозы // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2 (95). С. 96-107.
37. Леванов В.М., Переведенцев О.В., Орлов О.И., Черногоров Р.В. Внекорабельная деятельность на поверхности Луны в условиях длительных экспедиций: предварительная оценка дополнительных рисков для здоровья и роль телемедицинских систем в их минимизации // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 2. С. 5-12.
38. Лицов А.Н., Булыко В.И. Принципы организации рациональных режимов труда и отдыха экипажей в условиях длительного космического полета // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1983. Т. 17. № 4. С. 9-12.
39. Лицов А.Н., Сараев И.Ф. О влиянии необычных режимов суточной деятельности и лишения сна на функциональное состояние и работоспособность человека // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1980. Т. 14. № 1. С. 17-23.
40. Магамедэминова М.М., Коротких В.М., Полякова С.Р., Осокина М.М. Признаки утомления и переутомления, их причины и профилактика // Молодой ученый. 2020. № 8 (298). С. 74–75.
41. Мартынихин И.А. Электронный учебник «Психиатрия и медицинская психология». Глава 4. Патология чувственного познания

(патология ощущений и восприятия). Copyright 2023. Российское общество психиатров (РОП). URL: <https://psychiatr.ru/education/slide/108>

42. Матюхин В.В. Научные направления и задачи физиологии труда на современном этапе // Медицина труда и промышленная экология. 1998. № 7. С.8-14.

43. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. Occupational safety standards system. Terms and definitions. ГОСТ 12.0.002-2014. URL: https://minobrnauki.gov.ru/files/gost_12.0.002-2014.pdf

44. Мясников В.И., Степанова С.И., Сальницкий В.П., Козеренко О.П., Нечаев А.П. Проблема психической астенизации в длительном космическом полете. Москва: Фирма «Слово», 2000. 224 с.

45. Мясников В.И., Степанова С.И. Особенности церебральной гемодинамики у космонавтов до и после полета на ОС «Мир» // Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. Т. 2. Медико-биологические эксперименты. Москва, 2002. С. 300-305. (а)

46. Мясников В.И., Степанова С.И. Факторы риска развития психической астенизации у космонавтов в длительном полете. Вестник ТГПУ. 2002. Выпуск 3 (31). Серия Гуманитарные науки (Психология). С. 9-16. (б)

47. Мясников В.И., Усков Ф.Н., Козеренко О.П., Макаров В.И. Режим труда и отдыха // Результаты медицинских исследований, выполненных на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» - «Союз». Москва: Наука, 1986. С. 196-202.

48. Нарбут А.М., Полуэктов М.Г. Стресс и дистресс: вклад в развитие инсомнии // Эффективная фармакотерапия. 2021. Т. 17. № 33. С. 22-28.

49. Нестеров В.Ф., Королёва М.В., Степанова С.И. Полетный мониторинг режима труда и отдыха российских членов экипажей Международной космической станции // Сборник тезисов XVI

Конференции по космической биологии и медицине с международным участием, школа молодых ученых, 5-8 декабря 2016 г. Москва, 2016. С. 155-156.

50. Нечаев А.П., Степанова С.И., Бронников С.В., Шевченко Л.Г., Иваненко Н.В. Исследование взаимосвязи напряженности режима труда и отдыха космонавтов и частоты ошибочных действий экипажа Международной космической станции // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 1. С. 39-43.

51. Переведенцев О.В., Орлов О.И., Леванов В.М. К вопросу о разработке интеллектуальных компонентов системы принятия решения для медицинского обеспечения межпланетных пилотируемых космических полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52. № 4. С. 24-27.

52. Полуэктов М.Г. Сон и когнитивные функции // Эффективная фармакотерапия 20/2018. Неврология и психиатрия. № 3. С. 20-27. URL: https://umedp.ru/upload/iblock/040/effectivnaya_farmakoterapiya_nevrologiya_i_psihiatriya_3_2018.pdf

53. Романов А.И., Решетняк В.К. Сон и его нарушения. Москва: ООО Фирма «Слово», 2003. 272 с.

54. Рюмин О.О., Бубеев Ю.А. Межпланетные пилотируемые экспедиции: особенности подготовки многонациональных экипажей // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 2. С. 12-22.

55. Рюмин О.О., Войтенко О.М. Межпланетная миссия: подбор и психологическая подготовка командира экипажа // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 7. С. 28-32.

56. Самойлов А.С., Ушаков И.Б., Шуршаков В.А. Радиационное воздействие в орбитальных и межпланетных космических полетах: мониторинг и защита // Экология человека (Human Ecology). 2019. Т. 26. № 1. С. 4-9.

57. Сорокин Г.А. Методология определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели на основе хронобиологии работоспособности и утомления. Дисс. докт. биол. наук. СПб, 2019. 318 с.

58. Степанова С.И. Актуальные проблемы космической биоритмологии (Проблемы космической биологии. Т. 23). Москва: Наука, 1977. 311 с.

59. Степанова С.И. Стресс и невесомость // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2005. Т. 39. № 6. С. 48-54.

60. Степанова С.И., Королёва М.В., Галичий В.А., Карпова О.И. Особенности трудового распорядка российских участников орбитальных космических экспедиций, выполненных в 2019-2020 гг. // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. Сборник тезисов. 30 марта - 02 апреля 2021 г. Т. 4. Москва, издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2021. С. 189-191. URL: <http://www.korolevspace.ru/informatsiya-proshlykh-let>

61. Степанова С.И., Королёва М.В., Галичий В.А., Карпова О.И. Взаимосвязь базовых составляющих цикла сон-бодрствование и режим труда и отдыха космонавтов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2023. Т. 57. № 3. С. 5-17.

62. Степанова С.И., Королёва М.В., Карапетян А.С., Галичий В.А., Карпова О.И. Теоретические и прикладные аспекты организации труда и отдыха участников экспедиций по российской лунной программе // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2000. Т. 54. № 1. С. 23-30.

63. Степанова С.И., Королёва М.В., Нестеров В.Ф., Галичий В.А., Карпова О.И. Полетный мониторинг режима труда и отдыха космонавтов: ретроспективный анализ данных и информационные возможности // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52. № 3. С. 48-53.

64. Степанова С.И., Нестеров В.Ф., Сараев И.Ф., Галичий В.А., Савченко Э.Г., Лаврентьева И.Н., Рудометкин Н.М. Организация труда и отдыха членов экипажей МКС-1 – МКС-20 // Международная космическая станция. Российский сегмент. Т. 1. Медицинское обеспечение экипажей МКС. Москва, 2011. С. 172-195.
65. Фомина Г.А., Котовская А.Р., Почуев В.И., Жерनावков А.Ф. Изменения гемодинамических механизмов, обеспечивающих ортостатическую устойчивость человека в длительных космических полетах // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2005. Т. 39. № 6. С. 9-17.
66. Хэдфилд К. Руководство астронавта по жизни на Земле. Москва, 2016.
67. Цветкова Е.С., Романцова Т.И., Рунова Г.Е., Беляев Н.С., Гольдшмид А.Е. Влияние сменного графика работы на показатели метаболического здоровья // Ожирение и метаболизм. 2019. Т. 16. № 3. С. 11-19.
68. Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю. Астенические расстройства. История и современность // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020. Т.120. № 6. С.131-136.
69. Шафиркин А.В. Продолжительность жизни космонавтов СССР (России) и астронавтов США и риски для здоровья при действии различных стрессорных факторов на Земле и в космосе // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 7. С. 5-18.
70. Шафиркин А.В. Изменение парадигмы опасности космических излучений при осуществлении дальних замагнитосферных полетов к Луне и Марсу // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Т. 54. № 1. С. 5-15.
71. Юматов Е.А., Глазачев О.С., Быкова Е.В., Потапова О.В., Дудник Е.Н., Перцов С.С. Взаимосвязь эмоционального стресса и сна // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2016. Вып. 1. С. 5-14.

72. Allam H.Kh., Helmy M.S., El Badri A.S., Younis F.E. Workaholism, sleep disorders, and potential e-learning impacts among Menoufia university staff during COVID-19 pandemic // *Journal of Public Health Research*. 2021. 10 (4): 2203.
73. Ariapooran S. Sleep Problems and Depression in Iranian Nurses: The Predictive Role of Workaholism // *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*. 2019. Vol.24. №1. Pp. 30-37.
74. Arone A., Ivaldi T., Loganovski K., Palermo S., Parra E., Flamini W., Marazziti D. The burden of space exploration on the mental health of astronauts: a narrative review // *Clinical Neuropsychiatry*. 2021. Vol. 18. №5. Pp. 237-246.
75. Arshad I., Ferré E.R. Cognition in zero gravity: Effects of non-terrestrial gravity on human behavior // *Quarterly Journal of Experimental Psychology (Hove)*. 2023.Vol. 76. Issue 5. Pp. 979-994.
76. Aschoff J. Circadian rhythms in space medicine // *Человек в Космосе. Труды IV Международного симпозиума по основным проблемам жизни человека в космическом пространстве, Ереван, 1-6 октября 1971 г. Москва: Наука, 1974. С. 264-284.*
77. Bhargava V., Tawfik D., Tan Y.J., Dunbar T., Haileselassie B., Su E. Ultrasonographic optic nerve sheath diameter measurement to detect intracranial hypertension in children with neurological injury: a systematic review // *Pediatric Critical Care Medicine*. 2020. Vol. 21. Issue 9. Pp. e858–e868.
78. Bin Wu, Yue Wang, Xiaorui Wu, Dong Liu, Dong Xu, Fei Wang. On-orbit sleep problems of astronauts and countermeasures // *Military Medical Research*. 2018. Vol.5. № 1. Article number: 17. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29843821/>
79. Chancellor J.C., Scott G.B.I., Sutton J.P. Space radiation: the number one risk to astronaut health beyond low Earth orbit // *Life (Basel)*. 2014. Vol. 4. Issue 3. Pp. 491-510.

80. Clément G.R., Boyle R.D., George K.A., Nelson G.A., Reschke M.F., Williams T.J., Paloski W.H. Challenges to the central nervous system during human spaceflight missions to Mars // *Journal of Neurophysiology*. 2020. Vol. 123. Pp. 2037-2063.
81. Dağdelen K, Ekici M. Measuring optic nerve sheath diameter using ultrasonography in patients with idiopathic intracranial hypertension // *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2022. Vol. 80. № 6. Pp. 580-585.
82. Deak M.C., Stickgold R. Sleep and cognition // *Wiley Interdisciplinary Reviews-Cognitive Science*. 2010. Vol. 1. № 4. Pp. 491-500.
83. Dubourg J., Javouhey E., Geeraerts T., Messerer M., Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis // *Intensive. Care Medicine*. 2011. Vol. 37. Issue 7. Pp.1059–1068.
84. Dunn Rosenberg J., Jannasch A., Binsted K., Landry S. Biobehavioral and psychosocial stress changes during three 8-12 month spaceflight analog missions with Mars-like conditions of isolation and confinement // *Frontiers in Physiology*. 2022. 13: 898841.
85. Dzierzewski J.M., Dautovich N., Ravyts S. Sleep and cognition in older adults // *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2018. Vol. 13. № 1. Pp. 93–106.
86. Dzierzewski J.M., Perez E., Ravyts S.G., Dautovich N. Sleep and cognition: a narrative review focused on older adults // *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2022. Vol. 17. № 2. Pp. 205–222.
87. Elbanhawy I.A., Ramzy G.M., Ashour A.S., Khedr D.M. Cognitive assessment of idiopathic intracranial hypertension patients // *Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2019. 55(1):33.
88. Fall D.A., Lee A.G., Bershad E.M., Kramer L.A., Mader T.H., Clark J.B., Hirzallah M.I. Optic nerve sheath diameter and spaceflight: defining shortcomings and future directions // *NPJ Microgravity*. 2022. 8(1):42.

89. Fan J., Liu J., Smith A. The relationship between workload, fatigue and sleep quality of psychiatric staff // Preprint. 2021. URL: https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/145706/1/Jialin%20H-workload2021_30-08-21_with%20ref_camara%20ready_Andy%20edited.pdf
90. Flynn-Evans E., Gregory K., Arsintescu L., Whitmire A. Evidence Report: Risk of performance Decrements and Adverse Health Outcomes Resulting from Sleep Loss, Circadian Desynchronization, and Work Overload // Human Research Program. Behavioral Health and Performance Element. Approved for Public Release: April 11, 2016. NASA, L.B.Johnson Space Center/ Houston, Texas. 83 p. URL: <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/sleep.pdf>
91. Flynn-Evans E.E., Kirkley C., Young M., Bathurst N., Gregory K., Vogelpohl V., End A., Hillenius S., Pecena Y., Marguez J.J. Changes in performance and bio-mathematical model performance predictions during 45 days of sleep restriction in a simulated space mission // Scientific Reports. 2020. 10(1): 15594.
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7515915/>
92. Furukawa S., Nagamatsu A., Neno M., Fujimori A., Kakinuma S., Katsube T., Wang B., Tsuruoka Ch., Shirai T., Nakamura A.J., Sakaue-Sawano A., Miyawaki A., Harada H., Kobayashi M., Kobayashi J., Kunieda T., Funayama T., Suzuki M., Miyamoto T., Hidema J., Yoshida Y., Takahashi A. Space Radiation Biology for “Living in Space” // BioMed Research International. 2020. Article ID 4703286. URL: <https://doi.org/10.1155/2020/4703286>
93. Gerhardsson A., Åkerstedt T., Axelsson J., Fischer H., Lekander M., Schwarz J. J. Effect of sleep deprivation on emotional working memory // Journal of Sleep Research. 2019. 28(1):e12744.
94. Grech O., Clouter A., Mitchell J.L., Alimajstorovic Z., Ryan S., Ottridge R.S., Yiangou A., Roque M., Tahrani A.A., Nicholls M., Taylor A.E., Shaheen F., Arlt W., Lavery G.G., Shapiro K., Mollan S.P., Sinclair A.J.

Cognitive performance in idiopathic intracranial hypertension and relevance of intracranial pressure // Brain Communications. 2021. 3(3): fcab202. URL:

<https://academic.oup.com/braincomms/article/3/3/fcab202/6362870>

95. Griggs S., Harper A., Hickman R.L. Jr. A systematic review of sleep deprivation and neurobehavioral function in young adults // Applied Nursing Research. 2022. 63:151552

96. Gupta U., Baig S.H., Madjid A., Bell S.M. The neurology of space flight; How does space flight effect the human nervous system? Life Sciences and Space Research (Amsterdam). 2023. № 36. Pp. 105-115.

97. Hirayama J., Hattori A., Takahashi A., Furusawa Y., Tabuchi Y., Shibata M., Nagamatsu A., Yano S., Maruyama Y., Matsubara H., Sekiguchi T., Suzuki N. Physiological consequences of space flight, including abnormal bone metabolism, space radiation injury and circadian clock dysregulation: Implications of melatonin use and regulation as a countermeasure // Journal of Pineal Research. 2023. 74(1): e12834. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jpi.12834>

98. Hudson A.N., Van Dongen H.P.A., Honn K.A. Sleep deprivation, vigilant attention, and brain function: a review // Neuropsychopharmacology. 2020. Vol. 45. Issue 1. Pp. 21-30.

99. Hupfeld K.E., McGregor H.R., Lee J.K., Beltran N.E., Kofman I.S., De Dios Y.E., Reuter-Lorenz P.A., Riascos R.F., Pasternak O., Wood S.J., Bloomberg J.J., Mulavara A.P., Seidler R.D. Alzheimer's disease neuroimaging initiative, the impact of 6 and 12 month in space on human brain structure and intracranial fluid shifts // Cerebral Cortex Communications. 2020; 1:tgaa023.

100. Hupfeld K.E., McGregor H.R., Reuter-Lorenz P.A., Seidler R.D. Microgravity effects on the human brain and behavior: Dysfunction and adaptive plasticity // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2021. Vol. 122. Pp. 176-189.

101. Jillings S., Van Ombergen A., Tomilovskaya E., Rumshiskaya A., Litvinova L., Nosicova I., Pechenkova E., Rukavishnikov I., Kozlovskaya I.B., Manko O., Danilichev S., Sunaert S., Parizel P.M., Sinitsyn V., Petrovichev V., Laureys S., Zu Eulenburg P., Sijbers J., Wuyts F.L., Jeurissen B. Macro- and microstructural changes in cosmonaut's brains after long-duration spaceflight // *Science Advances*. 2020. Vol. 6. № 36:eaaz9488.
102. Jones C.W., Basner M., Mollicone D.J., Mott C.M., Dinges D.F., Sleep deficiency in spaceflight is associated with degraded neurobehavioral functions and elevated stress in astronauts on six-month missions aboard the International Space Station // *Sleep*. 2022. 45(3):zsac006. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35023565/>
103. Khan M., Al-Jahdali H. The consequences of sleep deprivation on cognitive performance // *Neurosciences* 2023. Vol. 28. № 2. Pp. 91-99.
104. Killgore W.D.S. Effects of sleep deprivation on cognition // *Progress in Brain Research*. 2010. Vol. 185. Pp. 105-129.
105. Klein T., Braunsmann L., Koschate J., Hoffmann U., Foitschik T., Krieger S., Crucian B., Schneider S., Abeln V. Short-term isolation effects on the brain, cognitive performance, and sleep-The role of exercise // *Frontiers in Physiology*. 2023. 14: 903072.
106. Kolarski D., Miró-Vinyals C., Sugiyama A., Srivastava A., Ono D., Nagai Y., Iida M., Itami K., Tama F., Szymanski V., Hirota T., Feringa B.L. Reversible modulation of circadian time with chronopharmacology // *Nature Communications*. 2021. Volume 12. Article number: 3164. URL: https://www.nature.com/articles/s41467-021-23301-x#auth-Carla-Mir__Vinyals-Aff1
107. Koller D.P., Kasanin V., Flynn-Evans E.E., Sullivan J.P., Dijk D-J., Czeisler Ch.A., Barger L.K. Altered sleep spindles and slow waves during space shuttle missions // *NPJ Microgravity*. 2021. 7 (1): 48. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34795291/>

108. Kploanyi E.E., Dwomoh D., Dzodzomenio M. The effect of occupational stress on depression and insomnia: a cross-sectional study among employees in a Ghanaian telecommunication company // BMC Public Health. 2020. 20 (10: 1045.
109. Kramer L.A., Hasan K.M., Stenger M.B., Sargsyan A., Laurie S.S., Otto C., Ploutz-Snyder R.J., Marshall-Goebel K., Riascos R.F., Macias B.R. Intracranial effects of microgravity: A prospective longitudinal MRI study // Radiology. 2020. Vol. 295. № 3. Pp. 640-648.
110. Krukowski K., Grue K., Becker McK., Elizarraras E., Frias E.S., Halvorsen A., Koenig-Zanoff McK., Frattini V., Nimmagadda H., Feng Hi, Jones T., Nelson G., Ferguson A.R., Rosi S. The impact of deep space radiation on cognitive performance: From biological sex to biomarkers to countermeasures // Science Advances. 2021. Vol. 7. Issue 42. URL: <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.abg6702>
111. Lee J.K., Koppelmans V., Pasernak O., Beltran N.E., Kofman I.S., De Dios Y.E., Mulder E.R., Mulavara A.P., Bloomberg J.J., Seidler R.D. Effects of spaceflight stressors on brain volume, microstructure and intracranial fluid distribution // Cerebral Cortex Communications. 2021. 2(2): tgab022. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8152913/>
112. Lee J.K., Koppelmans V., Riascos R.F., Hasan K.M., Pasternak O., Mulavara A.P., Bloomberg J.J., Seidler R.D. Spaceflight associated brain white matter microstructural changes and intracranial fluid redistribution // JAMA Neurology. 2019. Vol. 76. Issue 4. Pp. 412-419.
113. Lee Y., Field J.M., Sehgal A. Circadian rhythms, disease and chronotherapy // Journal of Biological Rhythms. 2021. Vol. 36. Issue 6. Pp. 503-531.
114. Liao H., Liao S., Gao Y-J., Mu J-P., Wang X., Chen D-S. Correlation between Sleep Time, Sleep Quality, and Emotional and Cognitive Function in the Elderly // BioMed Research International. 2022: 9709536.

115. Lochner P., Fassbender K., Knodel S., Andrejevski A., Lesmeister M., Wagenpfeil G., Nardone R., Brigo F. B-mode transorbital ultrasonography for the diagnosis of idiopathic intracranial hypertension: a systematic review and meta-analysis // *Ultraschall in der Medizin*. 2019. Vol. 40. Issue 2. Pp. 247–252.
116. Macias B.R., Patel N.B., Samuels B.C., Laurie S.S., Otto C., Ferguson C.R., Lee S.M.C., Ploutz-Snyder R., Kramer L.A., Mader T.H., Brunstetter T., Stenger M.B. Association of long-duration spaceflight with anterior and posterior ocular structure changes in astronauts and their recovery // *JAMA Ophthalmology*. 2020. Vol. 138. Issue 5. Pp. 553-559.
117. Maggi G., Trojano L., Barone P., Santangelo G. Sleep Disorders and Cognitive Dysfunctions in Parkinson's Disease: A Meta-Analytic Study // *Neuropsychology Review*. 2021. Vol. 31. № 4. Pp. 643-682.
118. Mairesse O., Macdonald-Nethercott E., Neu D., Tellez H.F., Dessy E., Neyt X., Meeusen R., Pattyn N. Preparing for Mars: human sleep and performance during a 13 month stay in Antarctica // *Sleep*. 2019. Vol. 42. Issue 1. URL: <https://academic.oup.com/sleep/article/42/1/zsy206/5164099>
119. Maki K.A., Fink A.M., Weaver T.E. Sleep, time, and space-fatigue and performance deficits in pilots, commercial truck drivers, and astronauts // *Sleep Advances*. 2022. 3(1):zpac033.
120. Mammarella N. The Effect of Microgravity-Like Conditions on High-Level Cognition: A Review // *Front. Astron. Space Sci. Sec. Astrobiology*. 2020. Volume 7. URL: <https://doi.org/10.3389/fspas.2020.00006>
121. Marazziti D., Arone A., Ivaldi T., Kuts K., Loganovsky K. Space missions: psychological and psychopathological issues // *CNS Spectrums|Cambridge Core*. 2022. Vol. 27. Issue 5. Pp. 536-540. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34027847/>
122. Marelli S., Castelnovo A., Somma A., Castronovo V., Mombelli S., Bottoni D., Leitner C., Fossati A., Ferini-Strambi L. Impact of COVID-19 lockdown on sleep quality in university students and administration staff //

Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. 2021. Vol. 268. № 1. Pp. 8-15.

123. Marshall-Goebel K, Damani R, Bershad EM. Brain Physiological Response and Adaptation During Spaceflight // *Neurosurgery*. 2019. Vol. 85. № 5. Pp. E815-E821.

124. Massar S.A.A., Lim J., Huettel S.A. Sleep deprivation, effort allocation and performance // *Progress in Brain Research*. 2019. Vol. 246. Pp. 1-26.

125. McGregor H.R., Hupfeld K.E., Pasternak O., Beltran N.E., De Dios Y., Bloomberg J.J., Wood S.J., Mulavara A.P., Riascos R.F., Reuter-Lorenz P.A., Seidler R.D. Impacts of spaceflight experience on human brain structure // *Science Reports*. 2023. 13: 7878.

126. Nasrini J., Hermosillo E., Dinges D., Moore T.M., Gur R.S., Basner M. Cognitive performance during confinement and sleep restriction in NASA's human exploration research analog (HERA) // *Frontiers in Physiology*. 2020. 11:394.

127. Natale V., Léger D., Martoni M., Bayon V., Erbacci A. The role of actigraphy in the assessment of primary insomnia: a retrospective study // *Sleep Medicine*. 2014. Vol.15. P. 111–115.

128. Newbury C.R., Crowley R., Rastle K., Tamminen J. Sleep deprivation and memory: Meta-analytic reviews of studies on sleep deprivation before and after learning // *Psychological Bulletin*. 2021. Vol. 147. № 11. Pp. 1215–1240.

129. Oluwafemi F.A., Abdelbaki R., Lai C.-Y., Mora-Almanza J.G., Afolayan E.M. A review of astronaut mental health in manned missions: Potential interventions for cognitive and mental health challenges // *Life Sciences and Space Research (Amsterdam)*. 2021. Vol. 28. Pp. 26-31.

130. Pagnini F., Manzey D., Rosnet E., Ferravante D., White O., Smith N. Human behavior and performance in deep space exploration: next challenges and research gaps // *Nature Publishing Journal (NPJ) Microgravity*. 2023. 9: 27. URL: <https://doi.org/10.1038/s41526-023-00270-7>

131. Pandi-Perumal S.R., Gonfalone A.A. Sleep in space as a new medical frontier: the challenge of preserving normal sleep in the abnormal environment of space missions // *Sleep Science*. 2016. Vol. 9. № 1. Pp. 1-4.
132. Paz V., Dashti H.S., Garfield V. Is there an association between daytime napping, cognitive function, and brain volume? A Mendelian randomization study in the UK Biobank // *Sleep Health*. 2023. In press. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235272182300089X>
133. Petit G., Cebolla A.M., Fattinger S., Petieau M., Summer L., Cheron G., Huber R. Local sleep-like events during wakefulness and their relationship to decreased alertness in astronauts on ISS // *NPJ Microgravity*. 2019. Vol. 5 (1): Article number 10.
134. Rahman S.A., St Hilaire M.A., Grant L.K., Barger L.K., Brainard G.C., Czeisler Ch.A., Klerman E.B., Lockley S.W. Dynamic lighting schedules to facilitate circadian adaptation to shifted timing of sleep and wake // *Journal of Pineal Research*. 2022. 73 (1): e12805.
135. Riaskos R.F., Kamali A., Hakimelahi R., Mwangi B., Rabiei P., Seidler R.D., Behzad B.B., Keser Z., Kramer L.A., Hasan K.M. Longitudinal analysis of quantitative brain MRI in astronauts following microgravity exposure // *Journal of Neuroimaging*. 2019. Vol. 29. Pp. 323-330.
136. Robba C. Measuring optic nerve sheath diameter using ultrasonography for the detection of non-invasive intracranial pressure: what it is and what it is not // *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2022. Vol. 80. № 6. Pp.547-549.
137. Roberts D.R., Asemani D., Nieteri P.J., Eckert M.A., Inglesby D.C., Bloomberg J.J., George M.S., Brown T.R. Prolonged microgravity affects human brain structure and function // *American Journal of Neuroradiology*. 2019. Vol. 40. № 11. Pp. 1878-1885.
138. Sandoval L., Keeton K., Shea C., Otto Ch., Patterson H., Leveton L. Perspectives on Asthenia in Astronauts and Cosmonauts: Review of the

International Research Literature. January 2012. URL:
<https://core.ac.uk/download/pdf/10564395.pdf>

139. Sater S.H., Sass A.M., Rohr J.J., Marshall-Goebel K., Ploutz-Snyder M.B., Kramer L.A., Martin B.A., Macias B.R. Automated MRI-based quantification of posterior ocular globe flattening and recovery after long-duration spaceflight // *Eye (London)*. 2021. Vol. 35. Issue 7. Pp. 1869-1878.

140. Sauvet F., Arnal P.J., Tardo-Dino P.E., Drogou C., Van Beers P., Erblang M., Guillard M., Rabat A., Malgoyre A., Bourrilhon C., Léger D., Gomez-Mérino D., Chennaoui M. Beneficial effects of exercise training on cognitive performances during total sleep deprivation in healthy subjects // *Sleep Medicine*. 2020. Vol. 65. Pp.26-35.

141. Scafuri Kovalchuk L., Buono C., Ingusci E., Maiorano F., De Carlo E., Madaro A., Spagnoli P. Can Work Engagement Be a Resource for Reducing Workaholism's Undesirable Outcomes? A Multiple Mediating Model Including Moderated Mediation Analysis // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. 16 (8): E1402.

142. Scarlett S., Nolan H.N., Kenny R.A., O'Connell M.D.L. Discrepancies in self-reported and actigraphy-based sleep duration are associated with self-reported insomnia symptoms in community-dwelling older adults // *Sleep Health*. 2021. Vol.7. № 3. P. 83-92.

143. Skurvydas A., Kazlauskaite D., Zlibinaite L., Cekanauskaite A., Valanciene D., Karanauskiene D., Zuoziene I.J., Majauskiene D., Mickeviciene D., Satas A. Effects of two nights of sleep deprivation on executive function and central and peripheral fatigue during maximal voluntary contraction lasting 60s // *Physiology & Behavior*. 2021. 229:113226.

144. Stefani O., Freyburger M., Veitz S., Basishvili T., Meyer M., Weibel J., Kobayashi K., Shirakawa Y., Cajochen Ch. Changing color and intensity of LED lighting across the day impacts on circadian melatonin rhythms and sleep in healthy men // *Journal of Pineal Research*. 2021. 70(3):e12714.

145. Thomas J, Ooms S.J., Mentink L.J., Booij J., Olde Rikkert M.G.M., Overeem S., Kessels R.P.C., Claassen J.A.H.R. Effects of long-term sleep disruption on cognitive function and brain amyloid- β burden: a case-control study // *Alzheimer's Research & Therapy*. 2020. 12(1):101.
146. Thomas J., Overeem S., Claassen J.A.H.R. Long-Term Occupational Sleep Loss and Post-Retirement Cognitive Decline or Dementia // *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2019. Vol.48. № 1-2. Pp.105-112.
147. Thomas J., Overeem S., Dresler M., Kessels R.P.C., Claassen J.A.H.R. Shift-work-related sleep disruption and the risk of decline in cognitive function: The CRUISE Study // *Journal of Sleep Research*. 2021.30(2):e13068.
148. Todd P., Pecaut M.J., Fleshner M. Combined effects of space flight factors and radiation on humans // *Mutation Research*. 1999. Vol. 430. № 2. Pp. 211 – 219.
149. Tu D., Basner M., Smith M.G., Williams E.S., Ryder V.E., Romoser A.A., Ecker A., Aeschbach D., Stahn A.C., Jones Ch.W., Howard K., Kaizi-Lutu M., Dinges D., Shou H. Dynamic ensemble prediction of cognitive performance in spaceflight // *Scientific Reports*. 2022. 12 (1): 11032. URL: [https://elib.dlr.de/188401/1/Tu et al - Dynamic ensemble prediction of cognitive performance in spaceflight - Scientific Reports. 2022.pdf](https://elib.dlr.de/188401/1/Tu%20et%20al%20-%20Dynamic%20ensemble%20prediction%20of%20cognitive%20performance%20in%20spaceflight%20-%20Scientific%20Reports.%202022.pdf)
150. Van Ombergen A., Jillings S., Jeurissen B., Tomilovskaya E., Rumshiskaya A., Litvinova L., Nosikova I., Pechenkova E., Rukavishnikov I., Manko J., Danylichev S., Rühl R.M., Kozlovskaya I.B., Sunaert S., Parizel P.M., Sinitsyn V., Laureys S., Sijbers J., Zu Eulenburg P., Wuyts F.L. Brain ventricular volume changes induced by long-duration spaceflight // *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*. 2019. Vol. 116. Pp. 10531-10536.
151. Wang W., Clough M., White O., Shuey N., Van Der Walt A., Fielding J. Detecting cognitive impairment in idiopathic intracranial hypertension using ocular motor and neuropsychological testing // *Frontiers in Neurology*. 2021. 12:772513

152. Weber J, Javelle F, Klein T, Foitschik T, Crucian B, Schneider S, Abeln V. Neurophysiological, neuropsychological, and cognitive effects of 30 days of isolation. // *Experimental Brain Research*. 2019. Vol. 237. Issue 6. Pp. 1563-1573.
153. Wu S., Yue P., Wu L., Wang C., Lin X., Li X. Electrophysiological Mechanism of Attention of Sleep Deprivation: Evidence From Event-Related Potentials (ERP) Data // *Cureus*. 2023. 15(1):e33464.
154. Yang J.-W., Song Q.-Y., Zhang M.-X., Ai J.-L., Wang F., Kan G.-H., Wu B., Zhu S.-Q. Spaceflight-associated neuro-ocular syndrome: a review of potential pathogenesis and intervention // *International Journal of Ophthalmology*. 2022. Vol. 15. Issue 2. Pp. 336 – 341.
155. Zivi P., De Gennaro L., Ferlazzo F. Sleep in isolated, confined and extreme (ICE): A review on the different factors affecting human sleep in ICE // *Frontiers in Neuroscience*. 2020. 14: 851.
156. Zuo, H., Cheng H. Research on the Mechanism of Radiation-Related Cognitive Impairment – A Review // *Journal of Cancer Therapy*. 2019. Vol. 10. № 2. Pp. 188-196.