

## Выдержки из программы

### Комплексная оценка психофизиологического статуса женского экипажа во время краткосрочной изоляции в гермообъекте, в рамках моделирования лунной экспедиции

(шифр: «Луна-2015»)

**Цель эксперимента** - изучение механизмов адаптации женского организма к условиям 8-суточной изоляции в гермообъекте, а также воздействию перегрузок "голова-таз" во время вращения на центрифуге короткого радиуса (ЦКР).

#### Задачи эксперимента:

- получить данные о состоянии здоровья экипажа при помощи полных аналогов научной аппаратуры, находящегося на борту МКС;
- апробировать в условиях изоляции в гермообъекте экспериментальное оборудование, готовящиеся к поставке на борт МКС;
- изучить особенности взаимодействия в женском экипаже;
- исследовать микробиологический статус человека экспресс-методом хроматомасс-спектрометрического детектирования в условиях 8 суточной изоляции в гермообъекте;
- получить данные об иммунологическом и биохимическом статусе добровольцев-испытателей до и после изоляции в гермообъекте, а также после вращения на ЦКР;
- исследовать водно-электролитный гомеостаз, состояния жидкостных сред и нейрогуморальный статус в условиях 8 суточной изоляции в гермообъекте, а также после вращения на ЦКР;
- отработать систему взаимодействия между разно профильными специалистами (врачами, биологами, инженерами, менеджерами экономистами, и др.) и сформировать из молодых сотрудников Института рабочую группу, способную к самостоятельной разработке и реализации экспериментов с участием человека.

#### Научное обоснование экспериментальных исследований

При полёте на Луну на организм человека будет воздействовать ряд экстремальных факторов, наиболее значимым из которых является микрогравитация. Из современных средств профилактики неблагоприятного действия микрогравитации на организм человека большой интерес представляет центрифуга короткого радиуса (ЦКР).

ЦКР - является составной частью медицинского обеспечения длительных пилотируемых полетов и предназначена для поддержания здоровья и работоспособности космонавтов (совместно с традиционными средствами профилактики), а также защиты их от неблагоприятного воздействия микрогравитации и сокращения периода реадaptации после возвращения на Землю.

Разработанный специалистами нашего Института комплекс мер профилактики неблагоприятного влияния невесомости позволяет обеспечить длительное, по крайней мере в течение 1 – 1,5 лет, пребывание и высокий уровень работоспособности космонавтов в условиях орбитальных полетов. Однако, несмотря на применяемые меры профилактики, явления детренированности развиваются со стороны многих органов и систем организма и сохраняются в течение 1,5 – 2 месяцев после возвращения на Землю, даже при применении комплекса восстановительно-лечебных мероприятий, а изменения костной ткани сохраняются до 2 - 3 лет.

Значимость проблемы «человек и невесомость» резко возрастает применительно к перспективным сверхдлительным межпланетным полетам, равно как и к созданию Лунной базы (где уровень гравитации в 6 раз меньше земной). Длительность пребывания в условиях микрогравитации станет значительно больше, чем во время орбитальных полетов на МКС, а возможности преждевременного возвращения на Землю практически не будет. После перелета и посадки, например, на Марс экипаж должен сохранить достаточно высокую физическую и психическую работоспособность, чтобы в течение 30 – 60 суток выполнять обширную программу исследований на поверхности космического объекта.

Для сохранения хорошей физической формы, здоровья и высокой работоспособности на Луне, Марсе, а также других объектах ближнего космоса и готовности преодолеть заключительный этап всей экспедиции – возвращения на Землю, следует разработать новое, более эффективное профилактическое средство, которое периодически создает искусственную гравитацию на корабле с помощью ЦКР. Проблема создания искусственной гравитации разрабатывалась в США в середине 60-х годов XX века и получила существенное развитие в 70-х годах в России, в ИМБП. В результате наземных исследований с участием человека, проведенных с помощью ЦКР в России (ИМБП - Е.Б. Шульженко, И.Ф. Виль-Вильямс), США и Японии, была установлена принципиальная возможность профилактики ряда негативных последствий имитированной невесомости с помощью периодического использования гравитационных стимулов на ЦКР. Однако проблема создания искусственной силы тяжести с помощью ЦКР предусматривает необходимость решения многих вопросов, связанных с действием перегрузок на организм человека. Наиболее важным из них является определение предпочтительного режима действия перегрузок на ЦКР с точки зрения оптимальной переносимости человеком этого режима, а также его эффективности для предупреждения неблагоприятного влияния невесомости.

В настоящее время активное участие в исследовании космического пространства начинают принимать женщины. Однако, долгие годы исследований, связанных с подготовкой экипажа к КП, проводились в основном на мужчинах. В связи с этим вопрос об особенностях функционирования женского организма в условиях КП, а также о наземном моделировании неблагоприятных факторов КП с участием женщин остается открытым. Кроме того, интерес представляют и психофизиологические аспекты, связанные с взаимодействием внутри женского и смешанного экипажа при совершении КП, а также при наземном моделировании некоторых его факторов, включая изоляцию в замкнутом пространстве с искусственной средой обитания. Одним из первых шагов по изучению влияния особенностей адаптации женского организма к факторам КП, выявлению специфических черт, характерных для командного взаимодействия внутри женского и смешанного экипажа, а также оценке влияния ЦКР на организм человека до и после изоляции в гермообъекте может стать проводимый в рамках настоящего проекта эксперимент.

Отдельно стоит отметить, что ИМБП на протяжении более полувека является ведущей организацией в РФ (с 1963 по 1991 год в СССР), осуществляющей не только медицинское обеспечение пилотируемых космических полетов и научные исследования на борту космических аппаратов (в настоящее время на МКС), но и сложные гермокамерные исследования с участием здоровых добровольцев в различных экстремальных условиях. За это время разработаны и успешно применяются комплексные экспертные программы клинического, психологического, физиологического, биохимического и других видов обследований. Основные задачи таких исследований –

выявление скрытой патологии, преморбидных состояний и индивидуальных особенностей обмена веществ, не проявляющихся клинически, оценка и прогноз состояния здоровья и работоспособности членов экипажей в различных условиях деятельности, формирование рекомендаций по организации режима труда и отдыха, разработка средств медицинского контроля. Сотрудниками Института накоплен богатый и уникальный опыт подобных работ. Однако в настоящее время большинство опытных специалистов уже перешагнули порог пенсионного возраста, а молодые сотрудники Института зачастую не принимали непосредственного участия в экспериментальных исследованиях с участием человека. В связи с этим назрела острая необходимость обеспечить преемственность поколений в области космической биологии и медицины, а также отработать систему взаимодействия между разнопрофильными специалистами (врачами, биологами, инженерами, менеджерами экономистами, и др.) и сформировать из молодых сотрудников Института рабочую группу, способную к самостоятельной разработке и реализации экспериментов с участием человека. Исходя из вышеизложенного, можно сформировать следующие цели и задачи настоящего проекта.

### **Основные направления исследований и перечень применяемых методик**

Краткое описание: в процессе эксперимента моделируется операторская деятельность, выполняются психологические тесты, психофизиологические, медицинские, санитарно-гигиенические и биохимические исследования. За операторами, размещаемыми в экспериментальных модулях, ведется визуальное наблюдение с непрерывной видеорегистрацией. Видеонаблюдение и контроль за системами жизнеобеспечения осуществляются членами дежурной бригады из предназначенного для этих целей командного пункта.

#### **1. Психологические и психофизиологические исследования:**

##### **1.1 Моделирование операторской деятельности с оценкой ее качества и состояния когнитивных функций:**

- АМОД (адаптированная модель операторской деятельности) – программно-аппаратный комплекс для оценки психической работоспособности и качества операторской деятельности;
- Корректирующая проба Бурдона. Позволяет оценить способность к концентрации, устойчивость внимания и психическую работоспособность. Получаемые данные: количество просмотренных знаков, количество правильных ответов, число допущенных ошибок;
- Пилот-Т – программно-аппаратный комплекс, предназначенный для оценки качества и психофизиологической цены деятельности космонавтов. Включает в себя модель стыковки двух космических аппаратов, встроенные когнитивные тесты и комплект «Нейролаб 2010», позволяющий регистрировать сердечный ритм, пульсовую волну, электрокожное сопротивление и температуру кожи;
- «Сенсор» - компьютеризированная программа, позволяющая оценить объем кратковременной памяти, латентный период простой двигательной реакции, латентный период зрительно-моторной реакции, время реакции выбора при предъявлении двух зрительных образов, абсолютную ошибку (в пикселях) при распознавании зрительных образов, продуктивность счетно-логической деятельности и центральную задержку при предъявлении световых сигналов;
- «Центровка» - компьютеризированная программа для оценки тонкой координации движений.

## 1.2 Оценка психоэмоциональной сферы:

- СОПР-мониторинг – батарея тестов, предназначенных для оперативного контроля психической работоспособности. Методика включает в себя следующие компоненты: опросник «Самочувствие, активность, настроение» (САН), непрерывный счет в авто темпе, тест Люшера – двукратно, тест «Реакция на движущийся объект» (РДО);
- PSPA - компьютеризированный тест для изучения ценностных ориентаций, самовосприятия и межличностных взаимоотношений в группе;
- Опросник POMS (Профиль настроения, оценка окружающей среды, взаимодействия) – стандартная методика, применяемая российскими и зарубежными специалистами, в т.ч. в бортовых экспериментах на станциях МИР и МКС. Обследуемым предлагается выбрать количественные характеристики, описывающие их настроение на момент прохождения методики;
- Опросник РИФФ – психодиагностическая методика, позволяющая оценить утомление и стрессоустойчивость;
- •Опросник ДШЭ (дифференцированная шкала эмоций) – методика позволяет оценить психофизиологические проявления эмоций;
- «Дневник испытателя» - методика, направленная на изучение поведения, функционального состояния нервной системы по параметрам устной и письменной речи;
- «Гомеостат» - система, позволяющая оценить эффективность группового взаимодействия;
- «Групповая дискуссия» – предназначена для оценки уровня психологической устойчивости и успешности адаптации в изолированной малой группе, а так же для исследования эффективности межличностного взаимодействия и динамики функционально-ролевого распределения в коллективе;
- Видеорегистрация - постоянная видеозапись испытателей (без звука) в жилых отсеках, от пробуждения до отхода ко сну, в течение двух дней подряд. На фоне видеорегистрации проводятся групповые дискуссии, моделирующие стрессовые и конфликтные ситуации. Методика направлена на оценку психоэмоционального состояния испытуемых по их поведению.

## 1.3 Оценка качества сна:

- Лидский опросник качества сна – опросник, предназначенный для субъективной оценки засыпания, пробуждения, качества сна и состояния после пробуждения;
- Каролинская шкала сонливости – бланковая методика для оценки уровня бодрствования-сонливости;
- Актиграфия – методика объективной регистрации двигательной активности и продолжительности сна.

## 1.4 Регистрация психофизиологических и физиологических показателей:

- «Кардиовектор» - программно-аппаратный комплекс, применяемый на борту МКС. Комплекс позволяет давать оценку степени напряжения регуляторных механизмов по данным анализа вариабельности сердечного ритма, а также рассчитывать параметры системной гемодинамики, таких как ударный и минутный объем крови, периферическое сосудистое сопротивление, время распространения пульсовой волны и др. Дополнительный датчик для записи баллистокардиограммы позволяет оценивать энергетику сердечного сокращения и вклад отдельно правых и левых отделов сердца;

- «Космокард» - методика, включенная в программу долговременных исследований на МКС. Методика позволяет: исследовать и оценивать электрофизиологические характеристики миокарда; изучать возможности раннего выявления вероятных донозологических (предпатологических) отклонений, которые не могут быть выявлены с помощью традиционной электрокардиографии; изучать взаимосвязи между изменениями электрофизиологических характеристик миокарда и показателями вегетативной регуляции сердечного ритма;
- «Антистресс» - программно-аппаратный комплекс, предназначенный в домашних условиях получить «паспорт здоровья», просмотреть его на дисплее компьютера и при необходимости распечатать. Система обеспечивает автоматизированное формирование и выдачу индивидуальных оздоровительно-профилактических рекомендаций;
- ЭЭГ – электрофизиологическая методика, позволяющая оценить функциональное состояние ЦНС, выявить признаки утомления и сонливости. Дополнительно изучается возможность комплектования бортовой аппаратуры «сухими» электродами ЭЭГ;
- «Нейросемантическая психодиагностика» – выявление неосознаваемых компонентов психофизиологических реакций, информации о внутриличностных конфликтах и жизненных сферах с высокой эмоциональной напряженностью. Оценка скрытых страхов на основе анализа реакций на коротко предъявляемые субъективно значимые семантические стимулы;
- Стресс диагностика – оценка уровня стресса, устойчивости к стрессу и способности к релаксации с помощью методик «Зеркальный координограф» и «Релаксометр»;
- «Альгометрия» - комплексное исследование изменений порога болевой чувствительности у человека в условиях изоляции в гермообъекте, а также после вращения на ЦКР. Медико-технические испытания бортовой аппаратуры (альгометра) перед поставкой на МКС;
- Телемедицинская стоматология – медико-технические испытания перспективного бортового телемедицинского диагностического стоматологического комплекта;
- Мониторирование жизненно важных функций, включая визуализацию, обработку и первичный оперативный анализ параметров: ЭКГ (в трех отведениях), ЧД, SpO<sub>2</sub>, НИАД, хранение данных в памяти, формирование и передачу отчета. В эксперименте отрабатывается протокол применения средств мониторинга жизненно важных функций, предназначенных для включения в комплект посадочных модулей.

## **2. Санитарно-гигиенические и микробиологические исследования:**

- Исследование микробиологического статуса человека экспресс-методом хроматомасс-спектрометрического детектирования. Забор биологического материала у испытуемых.

## **3. Исследование иммунитета и метаболизма:**

- Иммунный статус женщин-добровольцев. Определяемые параметры: показатели врождённого иммунитета (определение содержания в периферической крови моноцитов и гранулоцитов, экспрессирующих на своей поверхности сигнальные образ распознающие рецепторы); показатели адаптивного иммунитета (оценка содержания в периферической крови человека ЕК-, Т- и В-лимфоцитов);
- Биохимический статус женщин-добровольцев. Определяемые параметры: ферменты (АСТ, АЛТ, ГГТ, ГЛДГ, ХЭ, ЛАП, ЩФ, КФ, КФ-простетический изофермент, ЛДГ, ГБДГ, КФК, КФК-МВ, альфа-амилаза, липаза, их панкреатические

изоферменты), показатели белкового обмена (креатинин, мочеви́на, общий белок, альбумин, цистатин С, С-реактивный белок высокочувствительный), показатели пуринового обмена (мочевая кислота), показатели пигментного обмена (билирубин общий и прямой), показатели углеводного обмена (глюкоза, бета-гидроксипутират), показатели липидного обмена (холестерин, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, триглицериды, свободные жирные кислоты, фосфолипиды), концентрации макро- и микроэлементов (кальция, магния, неорганического фосфора, железа), электролиты и показатели кислотно-основного равновесия (натрий, калий, хлориды, бикарбонаты);

- Мониторинг гормонального статуса – исследование базальных уровней отдельных показателей нейроэндокринной системы в пробах биоматериалов – венозной крови. Определяемые параметры: кортизол, мелатонин, пролактин, тестостерон;
- Водно-электролитный гомеостаз, состояния жидкостных сред и нейрогуморальный статус женщин. Определяемые параметры: кортизол, мелатонин, пролактин, тестостерон;
- «Спрут» - программно-аппаратный комплекс, используемый для оценки распределения жидких сред организма, позволяющий проводить непрерывную и одновременную регистрацию параметров семи регионов тела человека: головы и шеи, торакальной части туловища, абдоминальной части туловища, левого бедра, правого бедра, левой голени и правой голени;
- «Денситометрия» - исследование включает в себя следующие клинические программы: анализ минеральной плотности позвоночника и двух проксимальных отделов бедренных костей; исследование всего тела с проведением сравнительной оценки висцеральной жировой ткани и композиционный анализ состава тела. Доза, полученная пациентом во время одного сеанса обследования - не более 0,3 мБэр.

#### **4. Исследование электромиографических и кинематических характеристик локомоций при различной степени весовой разгрузки.**

- Исследование влияния весовой разгрузки различной степени (лунная, марсианская, земная) на электромиографические и кинематические характеристики локомоций. Исследование включает три серии ходьбы по 2 мин в каждой, осуществляемой при вертикальном вывешивании тела (0 – весовая разгрузка на поверхности Земли, 85% – весовая разгрузка на поверхности Луны и 65% - весовая разгрузка на поверхности Марса). Скорость ходьбы испытуемый выбирает произвольно, ходьба осуществляется по тредбану в пассивном режиме работы беговой дорожки. В ходе эксперимента регистрируются электрофизиологическая активность мышц бедра и голени - методом электромиографии, проводится видеорегистрация событий.

#### **5. Изучение функции дыхания.**

- Акустическое исследование шумов форсированного выдоха (ФВ). Во время обследования проводится регистрация трахеальных шумов – акустических колебаний, создаваемых потоком воздуха на поверхности шеи человека при выполнении им манёвра ФВ. Шумы регистрируются с помощью акустического датчика и записываются в виде звуковых файлов. Далее проводится компьютерная обработка и анализ записанных сигналов с определением акустических показателей. Вычисляются длительность трахеальных шумов ФВ (в сек.) и их спектральные характеристики (амплитуда и частота основных спектральных пиков, спектральная плотность);

- Изучение газового состава и кислотно-основного баланса крови;
- Методика позволяет оценить паттерн дыхания и минутную вентиляцию легких в условиях пребывания в замкнутой среде;
- Определить газовый состав и кислотно-основной баланс артериализованной крови; оценить длительность задержки дыхания на вдохе и на выдохе.

### Объем исследований

Эксперимент включает подготовительный этап 2 серии вращения на ЦКР и 8-ми суточную изоляцию. На этапе подготовки осуществляются медицинский и психологический отбор кандидатов, формирование экипажа и распределение должностных обязанностей. В течение 1-2 недель члены экипажа обучаются выполнению исследовательских методик. За две недели до начала изоляционного эксперимента регистрируются фоновые показатели, затем происходит вращение на ЦКР и регистрируются изменения по сравнению с фоном.

На этапе 8-ми суточной изоляции моделируется схема полета к Луне женского экипажа, облет ее орбиты и возвращение обратно. Продолжительность этапа 8 суток. Экипаж 6 женщин. Место проведения: ЭУ 150 (кроме кают-компаний), ЭУ-250 (за исключением складов и оранжереи) и переходный отсек между ЭУ 150 и ЭУ-250. На 5 сутки пребывания в гермообъекте происходит забор крови и последующий анализ биохимических, иммунологических, а также гормональных показателей.

После окончания эксперимента планируется забор крови с изучением вышеуказанных показателей, а затем вращение на ЦКР и повторный забор крови.

Испытатели для участия в эксперименте привлекаются из числа сотрудников института на добровольной безвозмездной основе. Экипаж - 6 здоровых женщин добровольцев в возрасте от 22 до 34 лет.

### Условия исследований

Место проведения исследований – наземный медико-технический экспериментальный комплекс (НЭК), расположенный на базе ГНЦ РФ - ИМБП РАН «Полежаевская». Основными действующими факторами в экспериментах являются пребывание в замкнутом объеме и операторская деятельность. Условия изоляции строгие. Питание автономное, замороженными и сублимированными продуктами.

### Безопасность исследований

**Безопасность проведения исследований обеспечивается:**

- постоянным контролем и наблюдением за здоровьем испытуемых членами дежурной бригады во главе с ответственным врачом и ответственным инженером;
- соблюдением требований, изложенных в «Положении о проведении экспериментальных исследований (испытаний) с участием человека (нормативы ГНЦ РФ ИМБП РАН)» от 27.06.2006г. и регламенте о проведении эксперимента «Луна-2015» с участием испытателей-добровольцев;
- соответствием методов тестирования и регистрации физиологических показателей действующим правилам и нормам электробезопасности;

- наличием средств связи и списка адресов и телефонов специализированных организаций для обращения к ним в экстренных случаях;
- наличием аптечки для оказания, в случае необходимости, первой медицинской помощи пострадавшим при проведении исследований;
- оперативным мониторингом основных физиологических функций (АД, ЧСС);
- **выполнением условий немедленного прекращения исследований:**
  - по требованию обследуемого;
  - при развитии острых заболеваний, препятствующих проведению эксперимента;
  - при возникновении выраженных нарушений сердечного ритма во время обследования;
  - при развитии выраженных вестибуло-вегетативных расстройств (бледность, тошнота, позывы на рвоту, падение САД ниже 90 мм.рт.ст., ДАД – ниже 50 мм.рт.ст., боли в сердце, сильная головная боль);
  - при технических неисправностях оборудования или снаряжения, угрожающих безопасности обследуемых и членов бригады.

### **Конфиденциальность данных**

Анонимность всех участников эксперимента будет обеспечиваться с помощью индивидуальных кодов и паролей, известных только самому участнику и исполнителю, отвечающему за выполнение конкретной методики (в соответствии с «Программой экспериментальных исследований с участием человека»). Будут публиковаться только обобщенные данные, по которым невозможно будет определить личность участника.