



Проект концепции серии модельных экспериментов на базе НЭК ИМБП с международным участием

Общая цель программы

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration, NASA) и государственный научный центр Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ИМБП) имеют длительную и успешную историю сотрудничества по совместным исследованиям, имеющим отношение к здоровью и благополучию людей в космосе. И NASA HRP (Human Research Program), и ИМБП проводят исследования по определению мер профилактики и технологий для защиты здоровья астронавтов и космонавтов в космическом полете. Основываясь на этой общей задаче, сотрудничество между NASA HRP и ИМБП представляет возможности для совместного исследования научных вопросов, чтобы содействовать проведению экспериментов как каждой из этих организаций, так и кооперации организаций-партнеров. NASA HRP и ИМБП предлагают использовать управляемые изолированные условия среды для проведения исследований по психологии и работоспособности человека, в целях поддержания исследований на борту Международной космической станции (МКС), а также уменьшения рисков в космических межпланетных миссиях.

Медико-технический наземный экспериментальный комплекс (НЭК) ИМБП располагает уникальными средствами для проведения модельных исследований космических полётов. НЭК представляет собой аналоговую платформу с многофункциональными экспериментальными сегментами, способными разместить от 3 до 10 членов экипажа. Исследования, проводимые в НЭК, обычно требуют изоляции и стабильной окружающей среды, которые обеспечиваются местными системами жизнеобеспечения, и проводятся в течение длительного периода, чтобы изучать влияние изоляции и закрытого пространства на психическое здоровье объектов исследования. НЭК может использоваться для изучения систем жизнеобеспечения, космической деятельности, медицинских средств профилактики, работоспособности и динамики экипажа, автономности экипажа, последствий изоляции и связанных с ней физиологических стрессоров. Кроме того, НЭК может предоставить уникальные ресурсы, такие как изменяемые объёмы жилых отсеков, особые циклы день-ночь и инновационные рабочие условия окружающей среды для исследований в соответствии с запросами испытателей.

Таким образом, совместные исследования в НЭК предоставляют уникальную возможность эффективно решать вопросы рисков пилотируемых космических полетов. NASA и ИМБП объединяют усилия обеих организаций и заинтересованы консолидироваться с другими международными партнерами по использованию НЭК для проведения критических исследований, имеющих отношение к психологическим и физиологическим реакциям на длительную изоляцию. Понимание этих реакций даст информацию совместным исследованиям для разработки средств профилактики, позволяющих снизить нежелательное влияние длительной изоляции. Удачные средства профилактики, разработанные в наземных исследованиях, будут затем испытаны на МКС для оценки их эффективности с целью использования в длительных орбитальных полетах и системе медико-биологического обеспечения перспективных межпланетных миссий.

Международный проект «SIRIUS»

Данные задачи в полной мере будут изучаться в рамках международного проекта «SIRIUS» – Scientific International Research In Unique terrestrial Station (научное исследование в уникальном наземном комплексе), проводимого совместно российским Государственным научным центром Институтом медико-биологических проблем РАН и американской Human Research Program NASA в кооперации с организациями-партнерами при широком участии специалистов из России, Италии, Германии, и др. стран.

Программа проекта «SIRIUS» рассчитана на период до пяти лет. За это время планируется проведение ряда изоляционных экспериментов продолжительностью примерно две-три недели, четыре месяца, восемь месяцев и двенадцать месяцев.

Предлагаемая программа исследований на базе НЭК разработана на базе предложенного проекта концепции и стратегии развития российских пилотируемых космических средств в период до 2035 года и является продолжением начатых в проекте «Марс-500» исследований медико-психологических рисков при длительных автономных пилотируемых космических полётах и эксплуатации орбитальных и напланетных баз.

Краткое обоснование подходов к формированию научной программы ИМБП

Многолетние плодотворные комплексные исследования состояния здоровья, поведения и деятельности экипажей в изоляции, проводимые в СССР и России исходя из нужд медико-психологического обеспечения долговременных космических полетов, в подавляющем большинстве случаев были ориентированы на изучение тестовой деятельности человека-оператора. Под «тестовой» деятельностью понимается выполнение различных методик для оценки состояния здоровья, физической, психической и профессиональной работоспособности. При этом, практически не исследованной областью остаются собственно поведенческие аспекты пребывания человека в условиях ограниченного объема, сенсорной депривации человека – то есть то,

что происходит между тестовой активностью обследуемых и занимает основное время их жизнедеятельности. Без тщательного непрерывного изучения активности экипажа в искусственной среде обитания практически невозможно ответить на вопросы оптимизации численного состава, компоновки, эргономики, медико-санитарных норм, необходимых режимов профилактики и пищевых ресурсов для будущих межпланетных кораблей и напланетных поселений. Без поведенческого анализа экипажей различного состава и продолжительности пребывания ответы на эти вопросы будут весьма приблизительными.

Отчасти дефицит комплексных поведенческих исследований был связан с четкой направленностью работ на аспекты профессиональной готовности оператора выполнить поставленные задачи, отчасти, с этическими ограничениями. Кроме того, для решения этих задач ранее остро не хватало методологического и аппаратного оснащения – портативных носимых беспроводных устройств, позволяющих непрерывно не инвазивно регистрировать суточную активность и расположение обследуемых в отношении друг друга и конкретных объектов гермокамеры. В последние годы развитие компьютерных технологий привело к появлению носимых портативных регистраторов-актиграфов, позволяющих не только непрерывно записывать суточную локомоторную активность человека, определять продолжительность периодов отдыха и ночного сна, но и параллельно вести записи физиологических параметров (пульса, кожного сопротивления). Огромные возможности, открывающиеся при их применении перед учеными, уже подвигли НАСА собирать данные о суточной активности, продолжительности и качестве сна астронавтов (например, эксперимент «Сон»). Аналогичные исследования для сбора фоновой, в отношении условий микрогравитации, информации проводились американцами и ЕКА в проекте «Марс-500» и продолжаются в проекте «Гера». Кроме того, в последние три года различными странами (Россия, Германия, США) разрабатываются носимые портативные датчики позиционирования человека в гермообъеме. Они дают возможность не только определить координаты человека в замкнутом пространстве, но и направление его взора, взаимное расположение людей и объектов в каждый момент рабочего и свободного времени. Во время сна появилась возможность регистрировать положение тела и двигательную активность, что дополняет традиционную регистрацию ЧСС, ЭКГ, АД и позволяет оценить качество сна.

Сочетание описанных технологий позволит провести полномасштабный анализ поведения в первую очередь смешанного по гендерному составу экипажа в гермообъеме под влиянием пролонгированного воздействия на организм и психику ограниченного пространства, сенсорной депривации, монотонии и ограниченной коммуникации с внешним миром. Значение таких работ трудно переоценить в свете готовящихся космическими агентствами проектов полетов смешанных экипажей и развертывания баз на других планетах.

Ещё одним важным направлением исследований является отработка в наземных условиях нештатных ситуаций, которые могут возникнуть в реальном космическом полёте. В этой связи можно выделить несколько важных задач:

1. Оказание квалифицированной помощи неспециалистом в тех случаях, когда по ряду причин, врач экипажа не может выполнить данную функцию. Описанная ситуация требует тщательной проработки в наземных условиях и разработки определённых алгоритмов действия экипажа в экстренных медицинских ситуациях, в том числе с применением телемедицинских технологий.

2. Действие экипажа при возникновении различного рода технических неисправностей, способных привести к аварии с серьёзными последствиями, создающими угрозу жизни и здоровью для членов экипажа. В этой связи целесообразно комплексно изучать влияние стресса на поведение, работоспособность, а также физиологическое и психологическое состояние здоровья добровольцев-испытателей, разрабатывать инструкции и рекомендации по действию экипажа в чрезвычайных ситуациях, а также разработать систему тестов, в которой бы определялась взаимосвязь индивидуальной стрессоустойчивости и работоспособности. Информация, полученная при выполнении данных тестов, могла бы не только помочь при составлении алгоритмов действия экипажа в экстремальной ситуации (например, персонализировано дозировать время смены бортового инженера, устраняющего техническую неисправность), но и составлять графики индивидуальной рабочей нагрузки в зависимости от психофизиологических резервов организма.

Задачи проекта

Комплексные исследования позволят точно, на количественном уровне ответить на ряд принципиально важных для планирования психологических, физиологических, медико-санитарных и эргономических аспектов межпланетных миссий вопросы, в том числе:

1. О точной величине локомоторной активности (и потраченных, соответственно, килокалориях) в условиях изоляции при отсутствии традиционных внешних датчиков времени. О воздействии режимов светодиодного освещения в замкнутом объеме на уровень активности и зрительное восприятие человека-оператора в дневное, вечернее и ночное время.

2. О влиянии общей дневной локомоторной активности в гермообъеме в рабочее время на разных этапах длительной изоляции – на длительность и интенсивность физических тренировок и необходимой рекреации (включая сон).

3. О требованиях к необходимому персональному пространству в модуле (корабля и напланетной станции) для каждого члена экспедиций в зависимости от их длительности, выполняемой роли в экипаже и гендерного (полового) состава экипажа.

4. О степени использования (времени пребывания) экипажем тех или иных функциональных зон космического корабля и напланетной базы, определяющих общие требования к компоновке напланетной базы и корабля. О степени значимости

(привлекательности) для длительно находящегося в условиях изоляции, сенсорной депривации и монотонии экипажа ряда объектов специально назначения – например, кают-компания, оранжереи и пр.

5. О влиянии присутствия в смешанном экипаже двух женщин (впервые в истории ИМБП, ранее в мужской экипаж включали только одну женщину) – на степень психологического комфорта, конфликтную напряженность и возникновение психологических подгрупп. О взаимном расположении членов мужских и женских подгрупп при длительном пребывании смешанного экипажа в гермообъеме, характеризующем поведенческие аспекты их взаимодействия и взаимоотношений – и требуемой для обеспечения психологического комфорта и бесконфликтного взаимодействия компоновке напланетной базы и межпланетного корабля.

6. О влиянии условий изоляции на биоритмологическую структуру гомеостаза, возможное изменение акрофаз (максимумов и минимумов) в суточных ритмах раннего периода адаптации в модельных экспериментах, параметры циркадианных ритмов концентраций гормонов, участвующих в регуляции различных систем организма.

7. О влиянии личных взаимоотношений на физическую дистанцию между членами экипажа, а также психофизиологическую цену их взаимодействия при совместном выполнении деятельности и совместном проведении свободного времени.

8. О влиянии нарушенного сна на всю последующую деятельность, включая психоэмоциональное состояние и возможность выполнения профессиональной деятельности, то есть на психическую и физическую работоспособность, которая будет оцениваться в процессе «тестовой» деятельности в зависимости от продолжительности изоляции.

9. О взаимосвязи между локомоторной активностью и иммунологическим, биохимическим, а также нейроэндокринным статусом.

10. О влиянии нарушения сна на различные системы человеческого организма, включая сердечно-сосудистую, иммунную, пищеварительную, выделительную, дыхательную и нейроэндокринную системы.

11. Данные о контаминированности поверхностей различными микроорганизмами в зависимости от активности их использования.

12. Информация об обмене кишечной микрофлорой (по данным приёма различных пробиотических препаратов) в зависимости от количества контактов между членами экипажа в длительных изоляционных экспериментах.

13. О возможностях развития применительно к медицинскому обеспечению технологий приема, обработки, анализа информации, принятия решений и управления внешними устройствами в условиях автономного существования и деятельности экипажа.

14. Уточненные исходные данные для развития элементов биологической системы жизнеобеспечения экипажей межпланетных комплексов и напланетных поселений.

Итогом проекта могут являться:

1. Медико-санитарные требования к общей компоновке планетарных баз и межпланетных кораблей, компоновке области персонального пространства.
2. Уточненные критерии отбора межпланетных экипажей.
3. Уточненные нормы потребления воды и пищи, использования средств профилактики в длительном космическом полете.
4. Фоновые данные, позволяющие вычлнить влияние фактора микрогравитации на величину суточной активности космонавта, продолжительность и качество его рекреации и ночного сна.
5. Улучшенная система непрерывного медицинского контроля космонавтов в долговременных космических полетах.
6. Рекомендации о необходимости нормализации сна, прогнозирование рисков и их профилактика с апробацией различных методов коррекции состояния и возможным введением ограничительных рекомендаций к определенным видам деятельности.
7. Рекомендации о необходимых мерах коррекции действия экстремальных факторов, сопряжённых с условиями изоляции в гермообъекте с учётом индивидуальных особенностей функционирования различных систем человеческого организма.