

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА SIRIUS

В настоящее время на международном уровне решаются вопросы, связанные с освоением объектов ближнего и дальнего космоса. Рассматриваются варианты полётов к Луне и на Луну, строительство орбитальных окололунных станций, напланетных баз. Человечество готовится совершить сверхдлительный полёт к Марсу. Для реализации столь амбициозных задач требуется комплексная современная система медико-биологического обеспечения полёта, апробированная в наземных модельных экспериментах, а также на борту международной космической станции (МКС). В XX веке человечество совершило колоссальный прорыв в области пилотируемой космонавтики, организовав полёт к Луне, а затем и высадку на Лунную поверхность человека в рамках программы “Аполлон”. Однако за прошедшие десятилетия был накоплен новый материал, связанный с совершенствованием системы отбора космонавтов, профилактики действия на человека экстремальных факторов космического полёта (КП), а также аппаратуры для проведения космических экспериментов и мониторинга здоровья космонавтов во время совершения космических экспедиций. Серия изоляционных экспериментов, запланированных на базе Наземного экспериментального комплекса (НЭК) ГНЦ РФ-ИМБП РАН в рамках международного проекта SIRIUS, станет одной из ступеней на пути человечества к освоению дальнего и ближнего космоса.

Многолетние плодотворные комплексные исследования состояния здоровья, поведения и деятельности экипажей в изоляции, проводимые в СССР и позднее в России (исходя из потребностей медико-психологического обеспечения долговременных космических полетов), в подавляющем большинстве случаев были ориентированы на изучение тестовой деятельности человека-оператора. Под «тестовой» деятельностью мы понимаем выполнение различных методик для оценки состояния здоровья, физической, психической и профессиональной работоспособности. При этом практически не



Исследования по психологии и работоспособности человека в условиях изоляции увеличенной продолжительности в целях поддержания будущих исследований на МКС, а также уменьшения рисков в перспективных космических исследовательских миссиях.

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. Вместе с тем, 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 не хватало методологического и аппаратного оснащения – портативных носимых беспроводных устройств, позволяющих непрерывно неинвазивно 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 двух описанных технологий позволяет, наконец, проводить полномасштабный анализ поведения 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, персонифицировано дозировать время смены бортового инженера, устраняющего техническую неисправность), но и составлять графики индивидуальной рабочей нагрузки в зависимости от психофизиологических резервов организма. В дальнейшем это направление исследований может быть продолжено в рамках выявления взаимосвязей между генотипом и психофизиологическими резервами с последующей разработкой новых диагностических критериев для отбора кандидатов в космонавты на орбитальные и, в особенности, межпланетные полёты.

Помимо описанных выше задач, стоящих перед изоляционными экспериментами, остается нерешенным целый спектр вопросов, связанный непосредственно с адаптацией организма человека к условиям изоляции в гермообъекте. На сегодняшний день, несмотря

на определённый прогресс в понимании процессов адаптации организма человека к условиям изоляции в герметично замкнутом пространстве с искусственной средой обитания, сами механизмы адаптации, прежде всего в ранний период пребывания в гермообъекте, остаются до конца неизученными. Особенно это касается адаптационных процессов, происходящих в женском организме при воздействии комплекса изоляционных факторов. Вплоть до настоящего момента чётко не определены закономерности протекающих адаптационных процессов вследствие недостаточной статистической базы, ограниченного количества определяемых параметров, отсутствия интегрального подхода к анализу полученных в ходе различных исследований данных, а также ряда других факторов. Кроме того, до сих пор нет ясного определения функциональных рамок предлагаемой модели в сравнении с реальным космическим полётом, то есть определения пограничных условий, в которых данная модель может быть использована. Для выявления задач, в которых изоляционная модель, может наиболее эффективно применяться, необходимо проводить комплексное сопоставление данных, полученных в результате проведения изоляционных экспериментов с данными, полученными непосредственно в ходе космического полёта.

Действительно, только комплексные исследования и последующие сопоставления позволят точно, на количественном уровне, ответить на ряд принципиально важных для планирования межпланетных миссий вопросов, связанных с психологическими, физиологическими, иммунологическими, молекулярно-генетическими, биохимическими, медико-санитарными, эргономическими и другими аспектами. Эксперимент SIRIUS 20/21 является следующим этапом международного проекта SIRIUS, продолжением 17-суточной и 4-месячной изоляции, проведённых в 2017 и 2019 годах, предшествующих восьмимесячной изоляции в гермообъекте.