

## СТАНЦИЯ «ВОСТОК» В АНТАРКТИДЕ КАК АНАЛОГ БУДУЩЕЙ ОБИТАЕМОЙ БАЗЫ НА ЛУНЕ

В Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике на период до 2020 года и на более отдаленную перспективу указывается на недостаточное использование возможностей российских антарктических станций для осуществления научных программ, связанных с исследованиями космического пространства.

В статье Н.Э. Демидова и В.В. Лукина «Антарктида как полигон для отработки пилотируемых экспедиций на Луну и Марс» (Астрономический вестник. 2017. Т. 51. № 2. С. 117–135) предложена научно обоснованная концепция использования Антарктиды для отработки технологий, связанных с полетами человека в дальний космос.

Специалисты ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем (ИМБП) в конце 2017 года разработали концепцию использования антарктической станции Восток в качестве аналога будущей долговременной обитаемой базы на Луне. Концепция предусматривает проведение исследований на станции Восток с целью отработки системы медицинского обеспечения здоровья и поддержания оптимального психофизиологического состояния и высокого уровня физической и психической работоспособности человека применительно к длительному пребыванию на Луне. Не менее важной целью является отработка перспективных систем жизнеобеспечения человека на лунной базе.

В период с 1966 по 1972 год ИМБП проводил на станции Восток биомедицинские исследования возможных медицинских рисков применительно к длительным (до года) космическим полетам человека. Поставленные научные цели и задачи были успешно выполнены, а полученные результаты были использованы при медицинском обосновании возможностей осуществления человеком космических полетов продолжительностью до одного года.

Как известно, полеты космонавтов постепенно увеличивающейся продолжительности пребывания в космосе проводились на станциях «Салют» (1973–1982), станции «Мир» (1986–2000) и в настоящее время успешно осуществляются на Международной космической станции (МКС). Естественно, что с началом длительных полетов человека в космос ИМБП перестал проводить биомедицинские исследования на станции Восток. Однако в настоящее время ситуация изменилась. Ведущие космические державы в качестве приоритетной задачи на ближайшее десятилетие запланировали полет человека на Луну и начало создания обитаемой лунной базы. Решение этой амбициозной задачи в части, касающейся человеческого фактора, потребует разработки и испытания новых технологий медицинского контроля над состоянием человека, диагностики возможных функциональных нарушений и лечения травм и возможных заболеваний.

Общими факторами риска для здоровья человека во время зимовки на станции Восток, в длительных космических полетах и при нахождении на лунной базе являются:

- физическая и социальная изоляция с ограниченным объемом связи с внешним миром;
- монотонность и однообразие жизни;
- автономность существования в течение длительного отрезка времени;
- небольшая по площади и объему зона обитания;
- ограничение двигательной активности;

– измененные параметры микроклимата внутри станции;

– небольшой по численности коллектив (до 12 человек);

– экстремальные условия за пределами станции и необходимость надевания специальной защитной одежды для работы снаружи;

– отсутствие загрязнений органической природы и практически стерильные условия за пределами зоны расположения станции;

– непривычное чередование дня и ночи за пределами станции.

Опыт предыдущих исследований ИМБП показал, что из всего комплекса экстремальных факторов, воздействующих на человека в условиях годовой зимовки на станции Восток, наиболее психологически значимыми для человека являются изоляция от внешнего мира и связанное с этим однообразие жизни, а также ощущение большой удаленности («отрыва») от дома, родных и близких людей.

Учитывая значимость фактора изоляции для длительных полярных экспедиций, космических полетов и автономных надводных и подводных плаваний на различных судах, в ИМБП регулярно проводятся экспериментальные исследования в условиях изоляции малого по численности коллектива в герметичных модулях. Самый длительный эксперимент с 520-суточным пребыванием экипажа в макете марсианского корабля (имитация полета на Марс и обратно) был проведен в 2011–2012 годах.

Принципиальное различие изоляции полярников на станции Восток и изоляции в наземных герметичных модулях (камерах) заключается в том, что в случае непредвиденных ситуаций при проведении исследований в модулях эксперимент будет немедленно прекращен и его участники сразу же окажутся в окружении медицинского персонала. На станции Восток ситуация другая. В течение девяти месяцев зимовки в силу погодных условий помощь извне невозможна. Можно рассчитывать лишь на свои силы и средства. Другими словами, изоляция на станции Восток более приближена к тем реалиям, с которыми столкнется человек при полете в дальний космос или при нахождении на лунной базе.

В настоящее время окончательный облик лунной базы еще не определен. Известно только, что она будет строиться по модульному типу из расчета численности экипажа не более 12 человек, т.е. как на станции Восток. Исходя из основных задач научных исследований на лунной базе, а это, как мы понимаем, астрономия и астрофизика, базу считают целесообразным создавать в районах лунных полюсов, где температура окружающей среды постоянная и составляет  $-153^{\circ}\text{C}$ . Этот фактор среды обитания сближает условия нахождения человека на лунной базе и на станции Восток, которая, как известно, находится на полюсе холода нашей планеты.

Программа научных исследований ИМБП в 64-й Российской антарктической экспедиции — это лишь начало реализации дорожной карты по проведению биомедицинских исследований на станции Восток применительно к российской лунной программе.

Особенность данного этапа биомедицинских исследований заключается в том, что параллельно с зимовкой на станции Восток осуществляются в непрерывном режиме полугодовые полеты экипажей на борту МКС, в которых

специалисты ИМБП проводят большой объем фундаментальных и прикладных биомедицинских экспериментов. В этой связи было решено провести в 64-й РАЭ ряд таких же экспериментов, как на борту МКС, чтобы на основе сравнительного анализа результатов понять причины и физиологические механизмы возникновения в космическом полете и при годичном пребывании на станции Восток тех или иных нарушений в функционировании различных систем организма. Прежде всего это относится к исследованиям зрительной системы человека. Дело в том, что после полугодовых полетов на МКС у ряда астронавтов и космонавтов наблюдали снижение остроты зрения и морфологические изменения в сетчатке глаза. Полагают, что эти изменения обусловлены перераспределением в невесомости жидких сред организма в головной конец туловища, что может приводить к повышению внутричерепного (ВЧД) и внутриглазного давления (ВГД) со всеми вытекающими последствиями.

Есть основания предполагать, что и у зимовщиков станции Восток могут возникнуть аналогичные изменения в связи с тем, что при нахождении в среде с пониженным содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе также может повышаться ВЧД и ВГД в связи с компенсаторным расширением мозговых сосудов и увеличением кровенаполнения мозга. Есть и другие предпосылки для снижения зрительной работоспособности у полярников станции Восток.

В 64-й РАЭ впервые планируется провести полное офтальмологическое обследование полярников станции Восток с регистрацией таких параметров, как острота зрения, внутриглазное давление, контрастная чувствительность глаза и лабильность зрительного нерва, цветовосприятие, состояние глазного дна, биохимический анализ слезной жидкости. В исследованиях зрительной системы помимо нашего института участвует также Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН.

Следующий не менее важный эксперимент «Пилот-ТА» нацелен на изучение влияния комплекса экстремальных факторов на надежность профессиональной деятельности человека. Для этого используется тренажерно-исследовательский комплекс с компьютерной математической программой, имитирующей ручное управление причаливанием и стыковкой двух космических аппаратов. В ходе зимовки будет оцениваться сохранность выработанных навыков по причаливанию и стыковке космических аппаратов, качество выполнения сложных сенсомоторных операторских задач и психоэмоциональное напряжение при их выполнении.

В качестве основного индикатора психоэмоционального напряжения человека при выполнении эксперимента «Пилот-ТА», а также в покое в утренние и вечерние часы будет использоваться такой показатель, как вариабельность сердечного ритма. На основе анализа этого показателя будут оцениваться текущее функциональное состояние организма, уровень стресса и напряженность регуляторных механизмов кровообращения. Для этого используется комплекс «Варикард» — микропроцессор, работающий совместно с компьютером под управлением прикладного программного обеспечения и позволяющий вычислять до 40 различных параметров сердечного ритма.

В проведении эксперимента «Пилот-ТА» участвуют специалисты Института авиационной и космической медицины Германского центра авиации и космонавтики (г. Бонн, Германия).

По-прежнему для космической и полярной медицины остается актуальной проблема суточных биоритмов. В 64-й РАЭ на станции Восток впервые используется ме-

тодика непрерывного в течение суток холтеровского мониторирования артериального давления и ЭКГ. Для этого используется малогабаритная аппаратура, разработанная Институтом кардиологической техники (Санкт-Петербург). Предусматривается также взятие венозной крови и проб мочи и их транспортировка в Москву в замороженном виде для последующих лабораторных анализов.

Длительное пребывание человека на лунной базе будет связано с воздействием на организм множества экстремальных факторов, одним из которых является повышенный уровень космического излучения. Хотя условия на станции Восток не могут воспроизвести радиационную обстановку на Луне, тем не менее, учитывая данные литературы, специалисты ИМБП сочли целесообразным провести измерение в ходе зимовки потоковых и дозовых характеристик ионизирующих излучений с помощью различных типов детекторов. Комплект термолюминисцентных детекторов предназначен для измерения слабоионизирующей компоненты излучения, а твердотельные трековые детекторы — для измерения тяжелых заряженных частиц из состава галактических космических лучей, проникающих в атмосферу в высоких широтах. Информация с детекторов будет сниматься в Москве. Ожидается, что будут получены данные об интегральной поглощенной дозе и интегральной эквивалентной дозе для полярника станции Восток за весь период экспедиции.

Измеренные за период 64-й РАЭ дозы ионизирующей радиации будут сопоставляться с дозами за аналогичный период в московском регионе и на борту МКС. Помимо дозиметров на станцию доставлены семена салата, которые будут использоваться в качестве биодозиметров. Исследования по дозиметрии проводятся при участии Национального ядерного университета «МИФИ» (г. Москва) и Национального института радиологических наук (г. Чита, Япония).

По мере проведения биомедицинских исследований в 64-й РАЭ на станции Восток сотрудник института врач-анестезиолог-реаниматолог Николай Юрьевич Осецкий будет передавать первичные биомедицинские данные и результаты их предварительной обработки в ИМБП по интернету.

Программа биомедицинских исследований на станции Восток в 64-й РАЭ была одобрена секцией Ученого совета и Комиссией по биомедицинской этике ИМБП. Полярники станции Восток были проинформированы о целях, задачах и методиках предстоящих исследований и подписали добровольное информированное согласие на участие в этих исследованиях.

В последующих экспедициях на станцию Восток планируется частично повторить сделанное в 64-й РАЭ. Это важно для получения статистически достоверной научной информации. Одновременно будет проводиться апробация новых технологий медицинского контроля, в том числе с использованием достижений телемедицины.

Нам представляется, что, несмотря на так называемую космическую направленность биомедицинских исследований ИМБП на станции Восток, полученные результаты в одинаковой мере будут использоваться и в космической, и в полярной медицине. В этой связи мы надеемся на поддержку наших исследований со стороны Российского космического агентства, Российской академии наук, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ААНИИ.

Работа выполнена в рамках темы ФНС РАН 64.1.

*Е.А. Ильин (ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем РАН»)*