

**5. Результаты исследований и наблюдений, полученные  
российскими учеными и специалистами в ходе реализации летных  
научных программ в сотрудничестве и при содействии иностранных  
ученых и специалистов**

**5.1 Проект «Экспоз-Р2». Эксперимент «Биоразнообразии»**

Российский эксперимент «Биоразнообразии» является частью эксперимента «EXPOSE-R2» Европейского космического агентства (ЕКА), который реализуется совместно с Роскосмосом.

Целью эксперимента «Биоразнообразии» является оценка длительного воздействия (от 1 года до 1,5 лет) условий космического пространства на выживаемость эволюционно разнесенных покоящихся форм живых существ (бактерии, грибы, животные и растения). Результаты, которые будут получены в этом эксперименте, могут внести существенный вклад в фундаментальные знания о пределах жизнеспособности биологических систем различного уровня организации и, соответственно, о возможности распространения биологической формы жизни во вселенной, а также будут иметь практическое значение для обоснования требований и разработки мероприятий планетарного карантина при реализации межпланетных космических полетов.

В эксперименте «Биоразнообразии» в аппаратуре «EXPOSE-R2» экспонируются следующие биологические объекты:

- Бактерии - 4 вида (52 образца).
- Грибы – 8 видов (100 образцов).
- Семена – 6 видов (64 образца).
- Личинка комара *Polypedilum vanderplanki* - 1 вид (4 образца).

- Ракообразные *Triops cancriformis* 1 вид (4 образца).

Аппаратура «EXPOSE-R2» разработана и изготовлена по заказу ЕКА фирмой Kayser-Threde (Германия). Она состоит из металлического корпуса с размещенными в нем тремя кассетами. В двух кассетах размещают четыре сборки с биологическими образцами, в третьей – три сборки. Сборки имеют разную конструкцию в зависимости от целей и задач отдельных экспериментов. Биологические образцы в сборках располагаются на нескольких уровнях (от 2-х до 3-х). Биологические образцы, которые расположены в верхней части аппаратуры экспонируются под действием ультрафиолетового излучения, другие, которые располагаются на нижних ярусах, в темноте. Все сборки в каждой кассете соединены между собой воздушным каналом, предназначенным для удаления воздуха. Герметичность воздушного канала обеспечивается наличием специального клапана, который открывается после выноса оборудования на внешнюю поверхность РС МКС.

24 июля 2014 года на борт Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) грузовым кораблем «Прогресс» доставлены 3 кассеты с биологическими образцами. В дальнейшем кассеты будут размещены в корпусе прибора «EXPOSE», который хранился на борту МКС после окончания в 2011 году эксперимента «EXPOSE-R1».

Прибор «EXPOSE» со вставленными в него тремя кассетами был вынесен на внешнюю поверхность МКС 18 августа 2014 года. 24 октября 2014 года во время ВКД с кассет были сняты крышки.

03 февраля 2016 года прибор «EXPOSE» был снят с внешней поверхности и внесен внутрь МКС.

02 марта 2016 года на Землю была спущена кассета №3, кассеты №1 и №2 будут возвращены на Землю в июне 2016 года.

В эксперименте «EXPOSE-R1», проводившемся на внешней стороне Российского сегмента МКС в течение 22 месяцев, впервые установлено

избирательное действие жесткого космического ультрафиолетового излучения (с длиной волны от 200 нм) на покоящиеся формы различных биологических объектов. Экспонировавшиеся в космическом пространстве споры микроорганизмов, семена высших растений, сухие эмбрионы ракообразных, выжившие в отсутствии ультрафиолета, погибли под его действием, однако споры микроскопических грибов (*Aspergillus sydowii*, *Aspergillus versicolor*) и личинки комара (*Polypedilum vanderplankii*) частично сохранили свою жизнеспособность и в этих условиях.

## **5.2 Совместный российско-японский эксперимент по программе «АКВАРИУМ-AQH»**

Космический эксперимент (КЭ) «Аквариум-AQH» №3 являлся совместным российско-японским экспериментом по длительному содержанию рыбы зебра-фиш (*Danio rerio*) на борту МКС.

Целью эксперимента для российских исследователей являлся комплексный анализ экспрессии мРНК на уровне полного генома, альтернативный сплайсинг, метилирование ДНК у рыбы зебра-фиш, после длительного космического полета. Настоящий эксперимент является продолжением изучения транскриптомики рыбы медака (японской оризии) в космосе, нацеленного на определение ключевых генов у рыб, реагирующих на космический полет. Анализ изменений в активности генных сетей, вызванных старением, проводится на основе данных о метилировании ДНК.

В космическом эксперименте «Аквариум-AQH» №1 с рыбами медака было показано, что если с точки зрения поведения и морфометрии рыбы медаки вполне нормально себя чувствовали в условиях невесомости, то с точки зрения генетики у них присутствовали очень значительные отклонения. Причем часто одинаковые каскады генов в разных тканях одинаково реагировали на

условия космического полета. Особенно важны обнаруженные изменения в кальциевых путях и в путях связанных с мышечными тканями. Получается, что, несмотря на водную среду, и нормальное плавание в условиях невесомости, космический полет вызывает изменения в генетических путях, которые традиционно считаются «изменяющимися под влиянием микрогравитации у сухопутных животных».

25 сентября 2014 года на борту транспортного корабля «Союз» на борт МКС были доставлены 18 рыб зебра-фиш, которых перенесли с российского сегмента МКС в модуль КИБО американского сегмента. Длительность эксперимента составила 45 суток. Непосредственно после доставки рыб на борт МКС 12 рыб поместили в оборудование Aquatic Habitat Aquariums (Аквариумы водной среды обитания), а 6 рыб были зафиксированы в RNAlater с целью сохранения ДНК и РНК для последующего генетического анализа. По истечении 45-дневного срока эксперимента на борту МКС 3 рыбы были зафиксированы в параформальдегиде для последующего гистологического анализа и 3 рыбы в RNAlater для последующего генетического анализа. Оставшиеся 6 рыб живыми были спущены на Землю 10 ноября 2014 года на борту транспортного корабля «Союз» для проведения исследований процессов восстановления. Через 30 суток возвращенных рыб зафиксировали по той же схеме, что и на борту МКС.

В настоящее время продолжают исследования биологического материала, полученного в космическом эксперименте «Аквариум-AQH» №3.