

Редактор выпуска — **Н.Я. ДОРОЖКИН**,  
научный обозреватель  
«Калининградской правды»



# ГОРОД НАУКИ



ТЕМАТИЧЕСКОЕ  
ПРИЛОЖЕНИЕ  
Выпуск №114

## МКС открывает природные тайны околоземного пространства

«Есть ли жизнь на Марсе? – Науке пока неизвестно...»

Елена **ШУБРАЛОВА**,  
главный специалист ЦНИИмаша

**Международная космическая станция (МКС) – это уникальная экспериментальная площадка. С помощью МКС человечество получает фактический материал для исследования жизни вне Земли, состава космической пыли и метеоритов, механизма рассеивания биокосмозоля из биосферы Земли в космическое пространство.**

В течение 16 лет поверхность МКС является ловушкой для мелкодисперсных частиц из околоземного пространства, включая споры бактерий и грибов. Поверхность станции хранит метки от ударов микрометеоритов. Анализ мелкодисперсной осадочной среды с поверхности МКС позволяет получить данные о химическом и биологическом составе космической пыли, осаждающейся на поверхности МКС, диспергировании материалов и покрытиях станции и их влиянии на микродеструкцию металла.

ней поверхности модулей МКС, в том числе газопылевых осадков, выпавших на поверхности станции из окружающей среды, и мелкодисперсных продуктов деградации материалов конструктивных элементов, вызванной воздействием космических излучений, и возвращение их на Землю. Задача наземной фазы – проведение физико-химического, токсикологического, микробиологического и молекулярно-генетического анализа проб.

В ходе КЭ «Тест» в разных зонах внешней поверхности МКС практически постоянно выявлялись единичные жизнеспособные споры микроорганизмов и фрагменты ДНК. Необходимо отметить, что споры микроорганизмов были выявлены только в пробах со следами загрязнения, о чём свидетельствует внешний вид тампонов. Поверхностные загрязнения экранируют споры от космического ультрафиолетового излучения и тем самым способствуют выживанию спорных бактерий, они также могут способствовать сцеплению с элементами космической пыли.

Важнейшим результатом натурных исследований 2010–2016 годов на МКС является установление новой верхней границы биосферы Земли. На высоте орбиты МКС обнаружены жизнеспособные споры и фрагменты ДНК микроорганизмов, устойчивые к неблагоприятным факторам космоса.

Статистика обнаружения жизнеспособных единиц спорных бактерий и грибов с начала эксперимента «Тест» составляет около 45%. Исследования направлены на изменение биологических свойств микроорганизмов четырёх видов рода *Bacillus*, выделенных с внешней поверхности служебного модуля (СМ), позволили констатировать факт не только длительного сохранения биологической активности микроорганизмов, но и в ряде случаев даже усиления данной активности. Это даёт основание предполагать возможность занесения споробразующих микроорганизмов на другие планеты, а в случае попадания в благоприятную среду – вероятность их роста и размножения.

Применение высокочувствительных молекулярных методов позволило в 70% случаев не только выявить фрагменты ДНК геномов различных микроорганизмов, но и типировать их методом секвенирования, в том числе и трудно культивируемых микроорганизмов. Так, в экспериментах разных лет были выявлены фрагменты: ДНК *Mycobacteria* как маркера гетеротрофного морского бактериопланктона, обитающего в Баренцевом море, что было доказано филогенетическим анализом; ДНК экстремофильной бактерии *Delftria*; ДНК бактерий, близких по своей первичной структуре к бактериям, выявленным в пробах почвы о. Мадагаскар, ДНК растительных геномов; ДНК архобактерий и ДНК грибов *Erythrobasidium* и *Cystobasidium*, *Bjerkandera*.

Полученные в КЭ «Тест» экспериментальные данные о химическом и биологическом составе мелкодисперсного осадка на поверхности МКС, в том числе космической пыли, являются важнейшим фактическим материалом для исследования механизма рассеивания биокосмозоля из биосферы Земли в космическое пространство.

Проведённый химический анализ отобранных проб показал, что геохимический состав пыли соответствует смешанному тропосферному аэрозолю с преобладанием морского аэрозоля над терригенным. Эти данные подтверждают гипотезу о существовании механизма «ионосферного лифта», осуществляющего перенос тропосферного аэрозоля с поверхности Земли в верхнюю ионосферу.



Каверны на стекле иллюминатора от ударов микрометеорита.

Полученные данные о существовании значимого тропосферного источника пыли в околоземном пространстве позволяют прогнозировать запыление солнечных батарей МКС, а знание о химическом составе космозоля – целенаправленно разрабатывать материалы с пониженной адгезией для снижения негативных последствий запыления элементов конструкций МКС или методы и средства для их очистки в процессе полёта.

Эксперимент по очистке иллюминатора СМ МКС специально разработанным для этого в



Отбор пробы с иллюминатора.

РКК «Энергия» устройством позволило провести послеполётные исследования состава осадочной среды на стекле. Анализ химического состава загрязнений выявил преобладание оксида цинка, что позволило сделать вывод о диспергировании покрытий экранов СТР и других конструктивных элементов, окрашенных эмалью, содержащими в своем составе цинк.

Интересным результатом явилось выявление при химическом анализе загрязнений элементов, являющихся постоянной составной частью метеоритного вещества (железных и каменных метеоритов). Как видно из фотографии процесса очистки, сделанной оператором из внутреннего объёма модуля, салфеткой очистителя были обработаны зоны со следами ударов микрометеоритов (кавернами).

Необходимо отметить, что в результате отбора проб прибором «Тест» со стекла иллюминатора СМ, проведённого ранее, до очистки, на стекле оставались тёмные следы.

Послеполётный анализ проб выявил высокомолекулярные соединения, что указывает на наличие на поверхности МКС гетероциклических (содержащих углерод, азот, кислород) органических соединений биогенного происхождения (пептиды, флавоноиды, ДНК). Часть этих соединений подвергалась под воздействием космических факторов деградации, в том числе и до аморфного углерода (сажа биогенного происхождения), что является источником загрязнений чёрного цвета на доставленных пробниках и стекле после отбора проб. Слоистый характер частиц углерода определяет трудность очистки от них поверхности стекла и необходимость разработки специальных средств.

Проведены исследования состава химических веществ, содержащихся в осадочной среде, отобранной со стёкол иллюминаторов, имеющих следы ударов микрометеоритов.

Анализ выявил элементы, являющиеся постоянной составной частью метеоритов, в характерных для них соотношениях (Ni:Fe и Co:Ni). Это свидетельствует о присутствии на поверхности МКС мелкодисперсного осадка метеоритного вещества в зонах удара микрометеоритов. Что особенно важно, при этом исключена контаминация метеоритного вещества при прохождении атмосферы и при падении на поверхность Земли.

Полученные экспериментальные данные о химическом составе проб мелкодисперсной осадочной среды, естественным образом собранной на поверхности МКС в КЭ «Тест», позволяют сделать вывод о химическом составе космической пыли на высоте 400 километров над поверхностью Земли:

- тропосферный аэрозоль с поверхности Земли;

- мелкодисперсный осадок метеоритного вещества в зонах соприкосновения поверхности с микрометеоритами;

- мелкодисперсный осадок в результате диспергирования покрытий и материалов конструктивных элементов МКС.

Таким образом, сделан первый шаг к исследованию рассеивания биокосмозоля Земли в космическое пространство. Представляет несомненный интерес организация дальнейшего изучения физико-химических свойств космической пыли и выявления «зон влияния» космозолей планет. Оснащение возвращаемых межпланетных аппаратов устройствами для отбора проб космической пыли на различных участках траектории полёта позволит в наземных условиях дать оценку «вклада» в состав космической пыли следующих её составляющих:

- объектов, откуда осуществляется старт;

- объектов цели полёта;

- среды на траектории полёта.

Это позволит прогнозировать пылевое загрязнение поверхности, оценивать техническую опасность космозоля при длительных межпланетных перелётах, предоставит нативный материал для фундаментальных исследований.



Очистка иллюминатора.

В космическом эксперименте (КЭ) «Тест», проводимом ФГУП ЦНИИмаш в кооперации с ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва» на МКС с 2010 года при активнейшем участии главного научного сотрудника РКК «Энергия», д. т. н. О.С. Цыганкова, впервые в мировой практике космических исследований реализована возможность регулярной доставки проб космической пыли на Землю в её естественном состоянии. Решение этой задачи стало возможным благодаря созданию простого устройства, доступного для эксплуатации космонавтом в открытом космосе, которое обеспечивает стерильность и гермоизоляцию проб вплоть до передачи их в лабораторию на Земле.

Для лабораторных анализов полученных проб привлекаются специалисты различных предприятий, обладающие соответствующими методиками (ГНЦ РФ-ИМБП РАН, РУДН, НИИ вирусологии им. Д.И. Иванова, МИСИС). По мере поступления доставляемого материала спектр исследований и круг учёных будет расширяться.

Эксперимент включает две фазы исследований – орбитальную и наземную. Задача орбитальной – отбор проб с внеш-