

А. Б. Камелин¹, В. М. Кунцевич², О. К. Черемных²

¹Національне космічне агентство України, Київ

²Інститут космічних досліджень НАНУ—НКАУ, Київ

**О результатах рассмотрения и подготовки
совместных российско-украинских космических
экспериментов на российском сегменте
Международной космической станции**

Наводятся основные результаты работы з підготовки першочергових спільних російсько-українських експериментів на російському сегменті МКС.

Институтом космических исследований Национальной академии наук и Национального космического агентства Украины (ИКИ НАНУ—НКАУ) и Центральным научно-исследовательским институтом машиностроения (ЦНИИМАШ) совместно с ОАО НПК «Курс» и Российской космической корпорацией «Энергия» им. С. П. Королева (РКК «Энергия») продолжается работа по подготовке совместных российско-украинских космических экспериментов на российском сегменте Международной космической станции (РС МКС). ИКИ НАНУ—НКАУ и ЦНИИМАШем разработан и согласован с РКК «Энергия» и ведущими научными организациями Российской Федерации проект долгосрочной программы совместных научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС, принятый Российским авиакосмическим агентством (Росавиакосмосом) и Национальным космическим агентством Украины (НКАУ) в качестве базового документа для дальнейшей совместной работы. Документ включает в себя описание 48 космических экспериментов по следующим основным направлениям исследований:

- космическая биология и медицина;
- космические материаловедение и технология;
- физико-химические процессы в условиях микрогравитации;

- исследование Земли и ближнего космоса;
- астрофизика и внеатмосферная астрономия;
- космическая гелиоэнергетика.

Решением совещания Росавиакосмоса и НКАУ, состоявшегося в феврале 2002 г. в г. Москве, утвержден перечень первоочередных экспериментов, представляющих взаимный интерес для России и Украины, которые могут быть осуществлены на этапе развертывания МКС. Этим же решением предложены мероприятия организационного характера, направленные на дальнейшее совершенствование подготовки экспериментов.

К первоочередным совместным экспериментам, которые планируется провести на этапе развертывания Международной космической станции, отнесены следующие:

- «Биосорбент», «Биополимер» — по космической биологии и медицине;
- «Материал-Трение» + «Пента-Усталость», «Трубка», и КПО — по космическому материаловедению и технологии;
- МОРФОС — по исследованиям физико-химических процессов в условиях микрогравитации;
- «Обстановка» и «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр» — по исследованию Земли и ближнего космоса.

Кратко охарактеризуем каждый из них.

Космический эксперимент «Биосорбент» вызвал очень большую заинтересованность у российских коллег. Он предусматривает создание специфических углеродных сорбентов и их применение в условиях космоса. Последние дадут возможность лечить методом экстракорпоральной детоксикации критические состояния, которые могут возникать на фоне стресса при продолжительном пребывании человека в космосе. Созданные сорбенты могут быть также применены для биотехнологического получения особо чистых веществ в условиях микрогравитации. Главным постановщиком космического эксперимента от Украины является Институт проблем сорбции и проблем эндоэкологии, а от Российской Федерации — Российское акционерное общество «Биопрепарат», Государственный научный центр Российской Федерации и Институт медико-биологических проблем Российской академии наук.

Наиболее подготовленными в области космического материаловедения и технологии признаны эксперименты «Материал-Трение», «Пента-Усталость», «Трубка» и КПО.

Эксперимент «Материал-Трение» позволит получить новые материалы и обеспечить космическую область достоверными триботехническими данными, а его результаты найдут свое применение в космическом материаловедении, машиностроении и энергетике. Главными постановщиками космического эксперимента от Украины являются Специальное конструкторско-технологическое бюро по криогенной технике Физико-технического института низких температур им. Б. И. Веркина НАНУ, Государственное конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича Национальной академии наук Украины. От Российской стороны партнерами выступают Центральный научно-исследовательский институт в кооперации с другими научно-производственными организациями.

В рамках предложенного Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАНУ космического эксперимента КПО уже сейчас российскими и украинскими специалистами проводятся совместные работы, предусматривающие разработку конструкций преобразуемого объема.

Предложенный космический эксперимент является пионерской разработкой, поскольку в настоящее время в космической технике нет примеров создания крупногабаритных конструкций преобразуемого объема. Проведенные предварительные расчеты основных параметров оболочек ожидаемых размеров позволяют надеяться на то, что коэффициент изменения объема может достигать 30. С

российской стороны в реализации проекта примет участие РКК «Энергия».

Исследование Земли и ближнего космоса планируется провести в рамках космических экспериментов «Обстановка» и «Спектрометр-поляриметр».

Широкий частотный и динамический диапазон измерений полевых характеристик, предложенный в космическом эксперименте «Обстановка», предоставляет возможность объединения в единый комплекс задачи локальной диагностики плазменного окружения МКС с дистанционным зондированием ионосферы. Планируется, что будут проведены исследования плазменно-волновых процессов взаимодействия МКС с ионосферой, изучены естественные возмущения электромагнитного поля, а также возмущения, вызванные антропогенной деятельностью и крупными естественными катастрофами на поверхности Земли. Достигнута договоренность постановщика космического эксперимента от Российской Федерации Института космических исследований Российской академии наук и постановщика космического эксперимента от Украины — Львовского центра Института космических исследований Национальной академии наук и Национального космического агентства Украины о совместном проведении космического эксперимента «Обстановка». В международную научную кооперацию по этому эксперименту предполагается включение также научных работников Австрии, Болгарии, Великобритании, Венгрии, Германии, Польши и Франции.

С помощью космического эксперимента «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр» предполагается осуществлять мониторинг планет Солнечной системы и Земли с борта МКС. Ультрафиолетовый спектрополяриметр, предложенный в рамках этого космического эксперимента, предназначен для измерения интенсивности, степени поляризации и положения плоскости поляризации отраженного верхними слоями планетных атмосфер солнечного излучения и интенсивности излучения Солнца в интервале длин волн 220—300 нм. Он позволит получить данные, необходимые для изучения физических и оптических свойств аэрозольной составляющей верхних слоев планетных атмосфер, в том числе и земной атмосферы, для высот более 30 км. Результаты эксперимента будут иметь существенное значение для таких областей знаний, как геофизика и физика атмосферы Земли.

Главным постановщиком эксперимента от Украины выступает Главная астрономическая обсерватория НАНУ. Эксперимент активно поддерживается постановщиком от Российской Федерации — Институтом космических исследований Российской академии наук.

На этапе развертывания МКС исследования по физико-химическим процессам в условиях микрогравитации представлены космическим экспериментом МОРФОС — выращивание кристаллов модельных веществ путем направленной кристаллизации с непосредственной видеорегистрацией морфологии границы раздела твердой и редкой фаз в условиях микрогравитации.

В рамках этого эксперимента впервые планируется осуществить единый методический подход к измерению основных параметров фронта кристаллизации при использовании монокристаллических затравок как в двумерных, так и в трехмерных образцах. Можно ожидать, что будут получены экспериментальные и теоретические данные по проблеме затвердевания материалов в условиях действия различных факторов, зависящих от уровня сил тяготения и конвекционных потоков расплава, в том числе:

- исследование устойчивости фазовой границы;
- исследование взаимодействия фронта кристаллизации с инородными включениями;
- исследование огрубления дендритных ветвей.

В области практического применения этот космический эксперимент направлен на:

- апробацию технологических условий получения на орбите монокристаллов различных веществ и сплавов с улучшенной структурой и свойствами;
- разработку технологии получения искусственных композитов в условиях микрогравитации.

Главными постановщиками эксперимента МОРФОС являются Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАНУ и Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (Российская Федерация).

После 2004 г., на начальной стадии эксплуатации МКС, планируется реализация второй группы экспериментов, с более длительным периодом наземной подготовки и требующих привлечения непосредственно космонавтов к выполнению запланированной программы исследований. Вторая группа включает эксперименты «Пента-Кипение», «Пента-Усталость», «Технология», «Трубка», «Биополимер» и «Биолаборатория».

Ожидается, что космический эксперимент «Биолаборатория», основной целью которого являются исследования биологических эффектов микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях у бактерий, растений, животных и человека с целью выяснения механизмов действия этого постоянного фактора космического полета и разработки на основе полученных данных концепций гравичувствительности клетки, позволит получить оригиналь-

ную научную информацию о гравизависимых базовых клеточных процессах, приблизиться к выяснению механизмов гравичувствительности клетки и к пониманию роли постоянно действующей на Земле силы тяжести в функционировании живых систем. Будут получены фундаментальные знания, необходимые для разработки эффективных космических клеточных биотехнологий в интересах биологической науки, медицины и сельского хозяйства. Главным постановщиком космического эксперимента от Украины является Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАНУ, а от Российской Федерации — ГНУ РФ ИМБП РАН.

Космический эксперимент «Биополимер» (Главными постановщиками от Украины — Институт высокомолекулярной химии НАНУ и Институт урологии НАНУ) предполагает создание биологически активных полимерных материалов, устойчивых к биокоррозии за счет структурно-химической модификации полимеров. Планируется, что созданные биологически активные соединения повысят надежность и долговечность функционирования станции и защитят космонавтов от токсического воздействия биодеструкторов и их метаболитов. Эксперимент будет осуществлен в кооперации с МГУ им. М. В. Ломоносова.

По предложению российской стороны космический эксперимент «Пента-кипение» преобразован в группу экспериментов, состоящую из трех отдельных серий, и получил название «Криокомплекс-Кипение». На первом этапе предусматриваются эксперименты по изучению кипения жидкого гелия. В дальнейшем планируется расширить круг задач космического эксперимента, дополнив его фундаментальными и прикладными исследованиями по физике различных жидкостей, в частности, в условиях заданной по направлению и величине гравитации, и в которых существенна визуализация процессов. Главными постановщиками этих серий экспериментов являются СКТБ ФТИНТ (Украина) и ЦНИИМАШ (РФ).

Эксперимент «Пента-Усталость» ориентирован на исследование влияния факторов космического пространства на физико-механические свойства конструкционных материалов космического назначения, и в частности, на их квазистатические механические свойства и сопротивления усталостному разрушению. Постановщики: от Украины — СКТБ ФТИНТ НАНУ, от Российской Федерации — ЦНИИМАШ, РКК «Энергия».

Эксперимент «Технология» (постановщики: ИЭС им. Е. О. Патона и РКК «Энергия») направлен на совершенствование процесса получения кристаллов в условиях микрогравитации. Благодаря примене-

нию бесконтейнерной зонной плавки появляется реальная возможность создания более чистых, чем в ампулах, полупроводниковых материалов с более совершенной структурой самих кристаллов.

Космический эксперимент «Трубка» направлен на разработку и исследование параметров малогабаритных и миниатюрных тепловых труб для систем охлаждения и термостабилизации космических приборов и аппаратуры. Результаты эксперимента должны внести существенный вклад в теорию тепломассообмена. Они будут полезны не только при конструировании систем охлаждения и термостабилизации космических объектов, спутниковой аппаратуры, высотной авиации, ракетной техники, но и при создании высокоэффективных теплообменных устройств завтрашнего дня. Главные постановщики космического эксперимента от Украины — Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАНУ, а от Российской Федерации — ЦНИИМАШ, РКК «Энергия» и ИЦ им. М. В. Келдыша.

Центральный научно-исследовательский институт машиностроения предложил отнести некоторые эксперименты второй группы к группе первоочередных экспериментов. Это предложение в настоящее время весторонне изучается.

Отбор перечисленных выше космических экспериментов осуществлялся в первую очередь с учетом степени их наземной подготовки, необходимости минимизации финансовых и материальных затрат на их осуществление, а также ограничений, накладываемых собственно ресурсами РС МКС: конструктивными особенностями, энергообеспечением научной аппаратуры, пропускной способностью при передаче информации с борта МКС на наземные пункты управления полетом, временными рамками проведения экспериментов, массой полезной нагрузки, транспортируемой российскими космическими аппаратами. Рассмотренные совместные эксперименты имеют, по мнению сторон, несомненную научно-практическую ценность, базируются на достигнутом уровне предшествующих космических исследований, проведенных украинскими и российскими учеными на орбитальных космических комплексах, имеют высокую степень наземной подготовки и учитывают ограничения, накладываемые

материальными ресурсами российского сегмента на полезные нагрузки для МКС. Немаловажную роль при отборе экспериментов играли и заинтересованность в их осуществлении соответствующих российских организаций-партнеров.

Работа по согласованию программ вышеназванных космических экспериментов и технических заданий на них близится к завершению. В настоящее время также заканчивается работа по согласованию «Положения о порядке реализации долгосрочной программы совместных Российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС». Для разработки научной аппаратуры, наземного испытательного и вспомогательного оборудования и для обеспечения украинских организаций и предприятий необходимой нормативно-технической документацией в рамках долгосрочной программы в настоящее время разработан и находится на рассмотрении в Росавиакосмосе проект «Положения о согласовании работ по стандартизации ракетно-космической техники между Российским авиационно-космическим агентством и Национальным космическим агентством Украины, взаимном признании документов по стандартизации и взаимном обеспечении нормативными документами по стандартизации».

В рамках разрабатываемой «Программы сотрудничества Российской Федерации и Украины в области исследования и использования космического пространства в мирных целях на 2003 г.» запланированы работы украинских и российских ученых по реализации долгосрочной программы научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС.

ON THE RESULTS OF THE CONSIDERATION OF AND PREPARATION FOR JOINT RUSSIAN-UKRAINIAN SPACE EXPERIMENTS ONBOARD THE RUSSIAN SEGMENT OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

A. B. Kamelin, V. M. Kuntsevich, and O. K. Cheremnykh

We present the main results of the preparation for the urgent joint Russian-Ukrainian experiments onboard the Russian Segment of the ISS.