

НАУКА

**на Российском
сегменте**

МКС

Пресс-релиз

10-13 апреля 2008 г.

ИКИ РАН

г.Москва

Международная космическая станция стала очередным знаменательным этапом в освоении космического пространства человечеством. Ее предшественники — советские пилотируемые станции первого поколения «Салют-1-5», станции второго поколения «Салют 6» и «Салют 7», станция третьего поколения «Мир» позволили приобрести большой опыт не только в создании и эксплуатации с постоянным пребыванием человека в условиях космического полета, реализации программ научно-прикладных исследований, но и заложить принципы международного сотрудничества в такой сложной области. На станции «Мир» зарубежных космонавтов побывало больше, чем российских. Но все эти станции создавались только одним государством. В 1984 г. президент США Рональд Рейган объявил о начале работ по созданию американской орбитальной станции «Фридом». Планировалась крупногабаритная управляемая станция, модули которой должны были доставляться по очереди на орбиту кораблями шаттл. Но к началу 90-х годов выяснилось, что только международная кооперация позволит построить такую станцию.

Идея объединения национальных программ создания орбитальных пилотируемых станций появилась в результате разработки и успешной реализации совместной программы «Мир»-«НАСА», для осуществления которой Россия и США заключили в 1992 году соглашение о сотрудничестве в исследовании космоса.

В марте 1993 г. генеральный директор Российского космического агентства (РКА) Юрий Коптев и генеральный конструктор НПО «Энергия» Юрий Семенов предложили руководителю НАСА Даниэлю Голдину создать Международную космическую станцию. В итоге дальнейших переговоров определилось, что в создании станции, кроме России и США, примут участие Канада, Япония и государства-члены Европейского космического агентства (ЕКА).

Совместная работа по созданию Международной станции была выгодна всем участникам, так как при совместном создании значительно сокращались затраты каждого государства и каждый участник получал доступ к передовым технологиям.

В марте 1995 г. утверждается эскизный проект станции, в 1996 г. — ее конфигурация. Она должна была состоять из двух сегментов — российского и американского (с участием партнеров США).

20 ноября 1998 г. Россия запустила первый элемент МКС — Функционально-грузовой блок «Заря» (ФГБ); спустя месяц - шаттл «Индевор» пристыковал к МКС американский модуль Unity («Юнити», Node-1);

26 июля 2000 г. — к Функционально-грузовому блоку «Заря» был пристыкован Служебный модуль (СМ) «Звезда».

2 ноября 2000 г. – транспортный корабль «Союз ТМ-31» доставил на борт МКС экипаж первой основной экспедиции. С этого момента было обеспечено непрерывное пребывание экипажей на станции, ее сборка и целевое использование.

Но программа по созданию Международной станции оказалась в критической ситуации, когда в 1 февраля 2003 г. при возвращении на землю произошла катастрофа американского космического корабля «Колумбия». И только имеющиеся возможности Российской стороны спасли программу от закрытия. Этот случай ярко продемонстрировал выгоду международного сотрудничества в освоении космического пространства.

К апрелю 2008 г. на станции побывало 16 долгосрочных экспедиций, в которых участвовало 17 российских космонавтов, трое из них дважды, и 20 астронавтов НАСА, причем один астронавт (женщина) - дважды. Еще 7 космонавтов от России и 85 астронавтов НАСА работали в экспедициях посещения. В этих экспедициях также принимали участие канадские и японские космонавты - 21 человек, а также астронавт ЕКА Томас Райтер (Германия), который входил и в основной экипаж станции, и 6 – космических туристов («участников космического полета» - по современной классификации).

В феврале 2008 г. к МКС был пристыкован европейский модуль «Коламбус», в марте – японский «Кибо». Одновременно с «Коламбусом» шаттл «Эндевор» доставил на станцию детище канадских специалистов – орбитальный робот-монтажник.

По контракту 1994 года российский экипаж из трех человек должен был постоянно работать в своем сегменте, а в американском - четыре астронавта пропорционально вкладам в строительство станции: США – около 76%, Япония – 13%, ЕКА – 8% и Канада – 3%. До настоящего времени такой численности экипажа станции в целом по ряду причин достичь не удалось.

Для поддержания функционирования МКС, в том числе обеспечения работы экспедиций, используются российские космические корабли серий «Союз» и «Прогресс», а также американские многоразовые корабли «Спейс Шаттл». Начиная с 2008 года, доставку грузов и топлива на МКС осуществляет также автоматический грузовой корабль ЕКА ATV «Жюль Верн». Первый запуск ATV состоялся 9 марта 2008 г. с космодрома Куру. 3 апреля 2008 г. ATV «Жюль Верн» был пристыкован к российскому сегменту МКС. Ожидается, что с 2009 г. войдет в строй японский автоматический грузовой корабль Н-II Transport Vehicle (полезный груз – 6 т). К 2010 г. должна быть завершена модернизация российских «Союзов», в результате чего их эксплуатационные возможности возрастут.

Что касается американских шаттлов, то программа их использования после 2010 г., должна быть свернута. Для обеспечения независимого доступа к МКС в США разрабатывается новый корабль «Орион». Однако первый его полет состоится, в лучшем случае, в 2014 г. В связи с этим НАСА, возможно, станет использовать для транспортировки грузов и доставки на борт астронавтов разработку частной фирмы Space X - космический корабль Dragon. По самым оптимистическим прогнозам первая его стыковка со станцией случится не ранее 2009 г. К настоящему времени окончательно не решены юридические аспекты использования российских «Союзов» американской стороной после закрытия программы «Шаттл»

В августе 1994 г. совместным решением Генерального директора Российского космического агентства (позднее Российское авиационно-космическое агентство «Росавиакосмос», ныне Федеральное космическое агентство «Роскосмос») и Президента Российской академии наук (РАН) с целью формирования программ и научного сопровождения научно-прикладных исследований на пилотируемых космических комплексах (ПКК) был создан Координационный научно-технический совет (КНТС). С момента образования Совет возглавлял академик Владимир Уткин. После его ухода из жизни председателем Совета стал академик Николай Анфимов.

Организационно КНТС включает 12 секций по основным направлениям исследований на ПКК:

1. Проблемы космической технологии и материаловедения.
2. Геофизические исследования.
3. Медико-биологические исследования.
4. Исследование природных ресурсов Земли и экологический мониторинг.
5. Изучение планет и малых тел Солнечной системы.
6. Космическая биотехнология.
7. Технические исследования и эксперименты.
8. Внеатмосферная астрономия.
9. Комплексный анализ и формирование программ.
10. Проблемы космических энергосистем и двигательных установок.
11. Исследование космических лучей.
12. Космическое образование

Секции возглавляют известные в своей области ученые. КНТС совместно с секциями разработал и внедрил в практику процедуру конкурсного отбора предложений и заявок на проведение научных исследований и экспериментов на пилотируемых комплексах, которая явилась впоследствии основой Государственного стандарта Российской Федерации «Порядок подготовки и проведения космического эксперимента» ГОСТ Р52017-2003.

В 1993 г. были подготовлены и разосланы в организации Росавиакосмоса, РАН и других ведомств информационные письма о конкурсном отборе экспериментов для формирования программы научно-прикладных исследований на российском сегменте станции (РС МКС). Всего поступило 406 заявок о проведении исследований на борту, из них 295 было отобрано для реализации (на весь период эксплуатации МКС). После одобрения КНТС предложения по проведению исследований поступили в РКК «Энергия» для экспертизы на возможность реализации, поскольку не всякая, даже самая красивая, научная идея, может быть осуществлена на орбитальной станции. При оценке возможности постановки эксперимента в космосе учитывались требования по массе и объему грузов, как доставляемых на орбиту, так и спускаемых на Землю. Рассматривались также объемы ресурсов, которые должны были быть задействованы для исследований: электроэнергия, время экипажа, необходимое для работы с аппаратурой; требования по управлению аппаратурой в полете; оперативность и объем передаваемых на Землю данных. Важное значение имела оценка возможного взаимного влияния используемого в эксперименте оборудования, научных и служебных приборов станции.

При наличии утвержденного технического задания на эксперимент и положительного заключения о его технической реализации, эксперимент включался в «Долгосрочную программу исследований на РС МКС», которая была утверждена Генеральным директором Росавиакосмоса и президентом РАН. На любом этапе конкурсного отбора могла назначаться повторная экспертиза проекта. При этом окончательное решение о включении эксперимента в программу принималось Советом с учетом экспертных заключений после доклада его постановщика на специализированной секции КНТС.

Затем начинался этап разработки аппаратуры, доставки на орбиту и установки ее на борту станции. Одному из отделов РКК «Энергия» поручалось курирование всех работ по эксперименту. В отделе назначался его куратор, который обеспечивал выпуск всей необходимой документации, проведение автономных и комплексных

испытаний оборудования в составе наземного аналога станции, организовывал сопряжение научного оборудования с другими системами, а также тренировки экипажей в проведении эксперимента.

Далее формировался пакет экспериментов для предстоящей очередной экспедиции и начинался этап реализации экспериментов на борту. Управление экспериментом в полете осуществлялось специальной группой целевых нагрузок, входящей в состав Главной оперативной группы управления полетом. На период проведения эксперимента к работе этой группы подключались представители постановщика и куратор.

КНТС рассматривает «Долгосрочную программу...» как живое развивающееся «образование», в которое постоянно добавляются новые актуальные с научной и практической стороны, полностью подготовленные эксперименты. В настоящее время «Долгосрочная программа...» содержит 342 КЭ.

За более чем 7 лет работы станции в пилотируемом режиме на ее борту по национальной программе проводилось 75 научно-прикладных исследований и экспериментов. Из них 17 полностью завершены. (Следует пояснить, что «эксперимент» - это не разовое мероприятие. Он состоит из десятков, а бывает и сотен сеансов, и длятся они, порой, годами). Для выполнения исследований на российский сегмент были доставлены около 1500 наименований аппаратуры и упаковок с расходными материалами, суммарная масса которых составила почти тонну. Общая масса возвращенных упаковок с результатами экспериментов превысила 200 кг.

Выполненные на РС МКС исследования условно можно разделить на два основных типа: направленные на отработку и совершенствование технологий пилотируемых космических полетов, включая медико-биологические аспекты, и реализуемые в интересах фундаментальной и прикладной науки.

По первому направлению специалисты РКК «Энергия», Института медико-биологических проблем РАН, ЦНИИмаш и других отечественных предприятий и институтов изучали особенности динамики больших и сложных сооружений в космосе, метеоритную обстановку вокруг станции, электрофизические процессы в ее плазменном окружении, воздействие различных излучений и радиационных полей на организм человека

В целом технические исследования, выполняемые на МКС, были направлены, в первую очередь, на уточнение характеристик ее конструкции, условий

эксплуатации (режимов микрогравитации, акустического и резонансного воздействия), соответствия этим условиям выбранных конструкционных материалов и покрытий. Ранее по результатам эксплуатации орбитального комплекса «Мир» были приняты сотни новых проектно-конструкторских решений, позволяющих разрабатывать и внедрять в практику системы, способные обеспечить выполнение работ как на околоземных орбитах, так и за их пределами. Были апробированы методики выбора конструкционных материалов, устойчивых к воздействию радиации и метеоритных осколков; созданы средства эффективного получения и накопления энергии в космосе, разворачивания крупногабаритных конструкций, использования робототехники и дистанционного управления для проведения сложных технических операций на борту космических аппаратов. Изучались процессы горения в условиях микрогравитации с целью обеспечения пожаробезопасности конструкций космических кораблей и оптимальной циркуляции воздушных потоков. Новые задачи освоения космического пространства потребовали продолжения технических исследований на борту МКС.

Изучение человека и процессов его жизнедеятельности и работоспособности в космическом полете было, можно сказать, приоритетным направлением научной программы МКС. Медико-биологические эксперименты, в основном, были направлены на совершенствование медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов, получение новых данных по механизмам адаптации организма человека к условиям существования в космосе, отработку методов и средств защиты от неблагоприятных воздействий факторов полета и их профилактику.

В частности, в эксперименте «Биориск» были получены данные о проявлениях фенотипической адаптации и генотипических изменениях в бактериальных грибных ассоциациях, формирующих типовую микробиоту конструкционных материалов, используемых в космической технике. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии факторов пилотируемого космического полета на рост, репродукцию и биологические свойства бактерий и грибов. Установлено возрастание активности ферментов, характеризующих уровень потенциала патогенности, а также устойчивости микроорганизмов к антимикробным средствам. Результаты выполненных исследований стали учитываться в практике медицинского обеспечения космических полетов.

Среди исследований по космической технологии и материаловедению, выполняемых на МКС, наибольший приоритет имели эксперименты с явно

выраженной прикладной направленностью. В частности, проводились исследования по кристаллизации биологических макромолекул и получению биокристаллических пленок в условиях микрогравитации. Цель этих исследований – оценка возможности организации в будущем производства в космосе кристаллов с качеством (разрешение 0,5-1 ангстрем, то есть до одной десятиллионной доли миллиметра, при рентгеноструктурном анализе), не достижимым в наземных условиях из-за влияния гравитации на процесс кристаллизации. Образно говоря, рентгеноструктурный анализ выращенных на орбите больших кристаллов правильной формы дает более крупномасштабную «карту» расположения отдельных элементов. Дальше начинают работу земные биотехнологии. Группы атомов из одного места молекулы переносятся в другие. В результате появляется вещество с заданными свойствами.

Выполненный на Земле послеполетный анализ полученных в космосе биологических кристаллов вплотную приблизил к расшифровке пространственного строения молекул белков (ключевого условия понимания процессов их функционирования в живом организме и разработки диагностических и лекарственных препаратов). Отработаны технологии выращивания белковых пленок, что открывает возможности получения новых материалов для их применения в нанотехнологиях и биоэлектронике, реализации гибридных электронных интегральных схем, у которых подложкой служит неорганический материал, а активный слой – биологическое вещество.

Весомым вкладом в фундаментальную науку стал цикл экспериментов «Плазменный кристалл». Эти исследования начинались еще на орбитальном комплексе «Мир» (получены данные о пылевой плазме, индуцированной ультрафиолетовым излучением Солнца и пылевой плазме тлеющего разряда постоянного тока), а затем были продолжены на борту РС МКС уже в ходе работы первой основной экспедиции. Аппаратура «Плазменный кристалл – 3» (ПК-3) предусматривала изучение пылевой плазмы радиочастотного разряда. В настоящее время ведутся работы по созданию установки ПК-4, обеспечивающей возможность возбуждения комбинированного газового разряда с использованием тлеющего разряда постоянного тока или ВЧ-индуцированного и емкостного разрядов. Очередной их этап выполнен в марте 2008 г. Цель этих экспериментов – исследование низкотемпературной плазмы, в которой помимо электронов и ионов присутствуют пылевые частицы микронных размеров. При проведении исследований удалось обнаружить ряд новых, ранее не наблюдавшихся физических

явлений и эффектов, в частности, процессов формирования в условиях микрогравитации трехмерных упорядоченных структур из заряженных пылевых частиц (трехмерного плазменного кристалла). Открыто одновременное существование гранецентрированных и гексагональных структур. Обнаружены нелинейные волны плотности пылевой компоненты и области с конвективным движением заряженных микрочастиц в плазменной жидкости. Полученные результаты существенно расширяют представления ученых о различных состояниях материи и станут основой для разработки перспективных высокоэффективных плазменно-коллоидных технологий и получения наноматериалов, в том числе сверхтвердых.

«Мы фактически учимся управлять процессом кристаллизации, - говорит научный руководитель эксперимента академик Владимир Фортов. – Так, в ходе одной из сессий были выявлены режимы, при которых заряженные частицы выстраиваются в нити, и образуются кристаллы, неоднородные по разным направлениям. Прикладывая небольшие внешние электромагнитные поля, можно перенаправлять структуру кристалла», - отметил академик.

«Слипание» кристаллов дает представление о том, как формировались планеты Солнечной системы. Полученные результаты, возможно, позволят в перспективе создать «пылесос» для направленного обезвреживания радиоактивных выбросов в атмосферу при ядерных авариях, разработать мощные компактные источники питания...

Существенные результаты были получены и с помощью доставленной на МКС спектрозональной оптико-электронной системы «Фиалка-МВ-Космос». Прообраз этой системы также летал еще на станции «Мир». С тех пор уже долгое время эта уникальная аппаратура является единственной в России, позволяющей наблюдать за всевозможными явлениями в околоземном пространстве в принципиально недоступном для наблюдений с земли ультрафиолетовом диапазоне спектра. В настоящее время на МКС в рамках программы «Релаксация» работает ее четвертая модификация. В ходе цикла геофизических исследований по программе «Релаксация», проводимых ЦНИИмаш, изучаются закономерности различных атмосферных оптических явлений естественного и техногенного происхождения. Это дает возможность уточнять существующие модели состава и параметров верхней атмосферы Земли в зависимости от гелиофизической обстановки. Одновременно аппаратура «Фиалка-МВ-Космос» используется для исследования сложных физико-химических процессов, инициированных воздействием выхлопов

двигательных установок космических аппаратов на верхние слои земной атмосферы и собственную внешнюю атмосферу МКС. В этих экспериментах были обнаружены и изучены ранее неисследованные процессы взаимодействия атомов и молекул в гиперскоростных разреженных газовых потоках, а также проведены уникальные наблюдения УФ излучения плазменных образований, возникающих при высокоскоростном движении спускаемых аппаратов в атмосфере Земли. Данные, полученные в таких экспериментах, ученые и конструктора используют при проектировании спускаемых аппаратов не только в земную атмосферу, но и в атмосферы других планет солнечной системы.

Пожалуй, наиболее «зрелищно» выглядит эксперимент «Ураган», направленный на изучение возможностей предсказания катастрофических явлений, по наблюдениям из космоса их различных предвестников. В ходе первого этапа этих исследований космонавтами был получен большой массив фото- и видеоматериалов с различным уровнем разрешения. Наблюдались районы потенциально опасных явлений, которые могли привести к природным катастрофам с тяжелыми последствиями – вулканическим извержениям, сходу ледников

Еще один достаточно зрелищный эксперимент – «Диатомея» - был ориентирован на наблюдения за океаническими акваториями, где так или иначе могла проявляться активная деятельность морских биосистем. Исследовалась устойчивость географического положения и конфигурации границ биопродуктивных акваторий мирового океана, наблюдаемых космонавтами.

Задача эксперимента с романтическим названием РУСАЛКА, которое прозаически расшифровывается как Ручной Спектральный Анализатор Компонент Атмосферы - отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере Земли. До сих пор подобные исследования с борта космических аппаратов не проводились. Космический мониторинг позволит разделить вклады человеческой деятельности и природных процессов (извержения вулканов, лесные пожары и прочее) в парниковый эффект, усиление которого в последние годы, как полагают некоторые ученые, является причиной глобального потепления на Земле.

Традиционно большое место в отечественных космических исследованиях занимает биология. Исследования в области космической биологии позволили изучать фундаментальные закономерности биологических систем в условиях измененной гравитации. Полученные данные об отсутствии влияния повреждающих эффектов невесомости на внутриклеточные процессы, ткани, органы,

физиологические системы и организм в целом являются доказательным аргументом для обоснования возможности осуществления еще более длительных космических полетов и жизни человека вне Земли.

В ходе выполненного на МКС эксперимента «Растения» было показано, что характеристики роста и развития растительности в бортовой оранжерее («Лада») не изменяются по сравнению с наземными контрольными образцами. Впервые удалось установить, что, например, горох при культивировании в течение четырех последовательных полных циклов онтогенеза («от семени до семени») в условиях космического полета сохраняет репродуктивные функции, формируя при этом жизнеспособные семена. Каких-либо генетических изменений во всех четырех «поколениях» обнаружено не было. Так что вполне возможно, космические оранжереи для сверхдальних и продолжительных космических полетов станут реальностью.

Реакция сложных организмов на условия космического полета оказалась более выраженной. В эксперименте «Аквариум» исследовались реактивация покоящихся стадий и жизненный цикл у водных ракообразных из «покоящихся» в течение тридцати суток на борту космической станции их яиц. Эти результаты стали первым подтверждением воздействия факторов среды на эмбрионы, приводящих к изменению параметров жизненного цикла и адаптивности как у развивающихся эмбрионов, так и у их потомков.

МКС стала и своего рода стартовой площадкой для выведения на орбиту малых, а также сверхмалых спутников, созданных различными научными и образовательными организациями и доставленными на борт станции кораблями «Прогресс». Первым был пятикилограммовый спутник технологический наноспутник (ТНС), созданный в российском НИИ космического приборостроения. С помощью этого аппарата отрабатывались технологии управления спутником через систему Globalstar, проверялась работа экспериментальных датчиков Солнца и горизонта, отрабатывались методы контроля работы космических аппаратов с помощью аварийного маяка системы КОСПАС-САРСАТ. На очередном спутнике серии ТНС (массой всего 5,5 кг) планируется установить телевизионную камеру для наблюдения поверхности Земли с разрешением до 100 м. На последующих аппаратах планируется отрабатывать системы трехосной ориентации спутников.

Еще два малых космических аппарата отправились в космос в рамках образовательной программы. Следует отметить, что образовательное направление

– использование ресурсов российского сегмента для проведения экспериментов в интересах российской высшей школы и реализации совместных исследований по программам ВУЗов и промышленности - в последнее время нашло достаточно весомое отражение в деятельности КНТС – в составе Совета была даже создана соответствующая специализированная секция.

В феврале 2006 г. экипаж МКС отправил в космос в качестве спутника выработавший свой ресурс скафандр «Орлан-М», в котором был установлен передатчик радиоловительского диапазона (космический эксперимент «Радиоскаф»). Первым же опытом создания полноценных отечественных «образовательных» спутников стал запуск с борта станции разработанного и построенного в Институте космических исследований РАН космического аппарата «Колибри-2000» массой 20,5 кг.

Один из предстоящих экспериментов – «Обстановка» (реализуемы в широкой международной кооперации) - нацелен на решение проблем взаимосвязи плазменно-волновых явлений в системе магнитосфера – ионосфера - атмосфера – литосфера Земли с параметрами «космической погоды».

Одновременно с наблюдениями с борта МКС мониторинг окружающей космической среды будет выполняться электромагнитно-чистыми микроспутниками «Чибис» функционирующими в инфраструктуре МКС. Эти спутники разработаны в ИКИ РАН. Изготовление первого из них должно завершиться к концу этого года.

В 2006 г. на МКС была доставлена созданная в ИКИ РАН аппаратура БТН-М1 (бортовой телескоп нейтронов высоких энергий). Аналогичный российский нейтронный детектор ХЕНД установлен на американском космическом аппарате MARS Odyssey и уже около семи лет успешно функционирует в космосе. Синхронные наблюдения с околоземной и околомарсианской орбит обеспечивают проведение сравнительного анализа нейтронной компоненты радиационного фона, возникающего под воздействием космических лучей в верхней атмосфере Земли и на поверхности Марса как в условиях спокойного Солнца, так и во время мощных вспышек. Кроме того, ХЕНД и БТН-М1 ведут непрерывный мониторинг космических гамма-всплесков с целью определения их координат на небесной сфере. Наконец, совместные измерения одновременно двумя приборами из двух точек межпланетного пространства позволяют экспериментально оценить нейтронную компоненту радиационного фона космического аппарата в полете по трассе Земля-

Марс-Земля, знания о которой важны для планирования будущих марсианских экспедиций.

Также ученые ИКИ РАН планируют установить на борту МКС широкоугольный рентгеновский телескоп СПИН-Х для регулярного обзора нашей Галактики (83% сферы) в жестком рентгеновском диапазоне, наблюдения за транзитными рентгеновскими явлениями и долговременного мониторинга источников рентгеновского излучения.

Ряд экспериментов для реализации на борту РС МКС разработаны в рамках российско-украинского сотрудничества в космосе. Планируется исследование параметров тепловых труб для систем охлаждения и термостабилизации космических аппаратов. Предполагается также изучение стойкости различных полимерных материалов в условиях длительного космического полета. Весьма интересные эксперименты планируются в области медицины и биологии.

Решением Коллегии Федерального космического агентства от 9 ноября 2007г. №22р утверждена двухэтапная схема развития конфигурации и программы работ на РС МКС, предусматривающая поэтапное наращивание целевого использования МКС и ориентированная на полномасштабное использование российской квоты экипажа станции (3 человека с 2010 года)

В настоящее время разработан и выполняется «План мероприятий по подготовке и проведению во втором квартале 2008г. расширенного заседания НТС Роскосмоса по рассмотрению предложений по уточнению «Долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС» Указанный «План мероприятий...» разработан на основании решения Коллегии Роскосмоса 9 ноября 2007г. №22р.

Основная направленность разработанных мероприятий обеспечение эффективного доведения полученных на РС МКС результатов до отраслей, ведомств и организаций - потенциальных потребителей.

Пресс-служба ИКИ РАН