

# **Проведение научных исследований на космических кораблях и орбитальных станциях**

**Член-корреспондент РАН, профессор**

**В.А. Соловьёв**

## О РОЛИ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

**... Одной из самых главных задач является осуществление полета человека в космос с исследовательскими целями. Как бы ни были совершенны приборы и аппаратура на автоматических станциях, все же ничто не может заменить разум пытливового исследователя ...**



**С.П.Королев**

**Программе пилотируемых космических полетов С.П.Королев придавал особое значение, неизменно отмечая ее сложность и большую ответственность, которую несут разработчики пилотируемых космических аппаратов**



# Три периода освоения человеком околоземного пространства

- 1961 – 1970 гг. 1. Накопление знаний об окружающем пространстве, создание технологий пилотируемого полета** – одиночные и групповые полеты пилотируемых космических кораблей
- 1971 – 1985 гг. 2. Формирование направлений экспериментальных исследований, дальнейшее совершенствование технологий пилотируемого полета** – создание и полеты одномодульных орбитальных станций серии «Салют» и «Скайлэб»
- 1986 г. – по наст. время 3. Переход к практическому использованию околоземного пространства** – строительство и эксплуатация многомодульных долговременных орбитальных станций «Мир», МКС, «Тяньгунь»

**Во время первых пилотируемых полетов были сформированы три направления научных и прикладных исследований, ставших впоследствии обязательными на всех орбитальных станциях:**

- уточнение условий эксплуатации и данных о действующих на человека факторах космического пространства (технические эксперименты);**
- изучение возможностей человеческого организма по адаптации к условиям длительного космического полета, совершенствование методов и средств жизнеобеспечения экипажей (медицинские эксперименты);**
- визуально-инструментальные наблюдения Земли (эксперименты по дистанционному зондированию Земли).**



# Направления работ и исследований, проводимых на борту орбитальной станции "Мир"

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ЭКСПЕРИМЕНТЫ**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ  
МОНИТОРИНГ**

**ВНЕАТМОСФЕРНАЯ  
АСТРОНОМИЯ**

**КОСМИЧЕСКАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ И  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**



**ПРИКЛАДНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

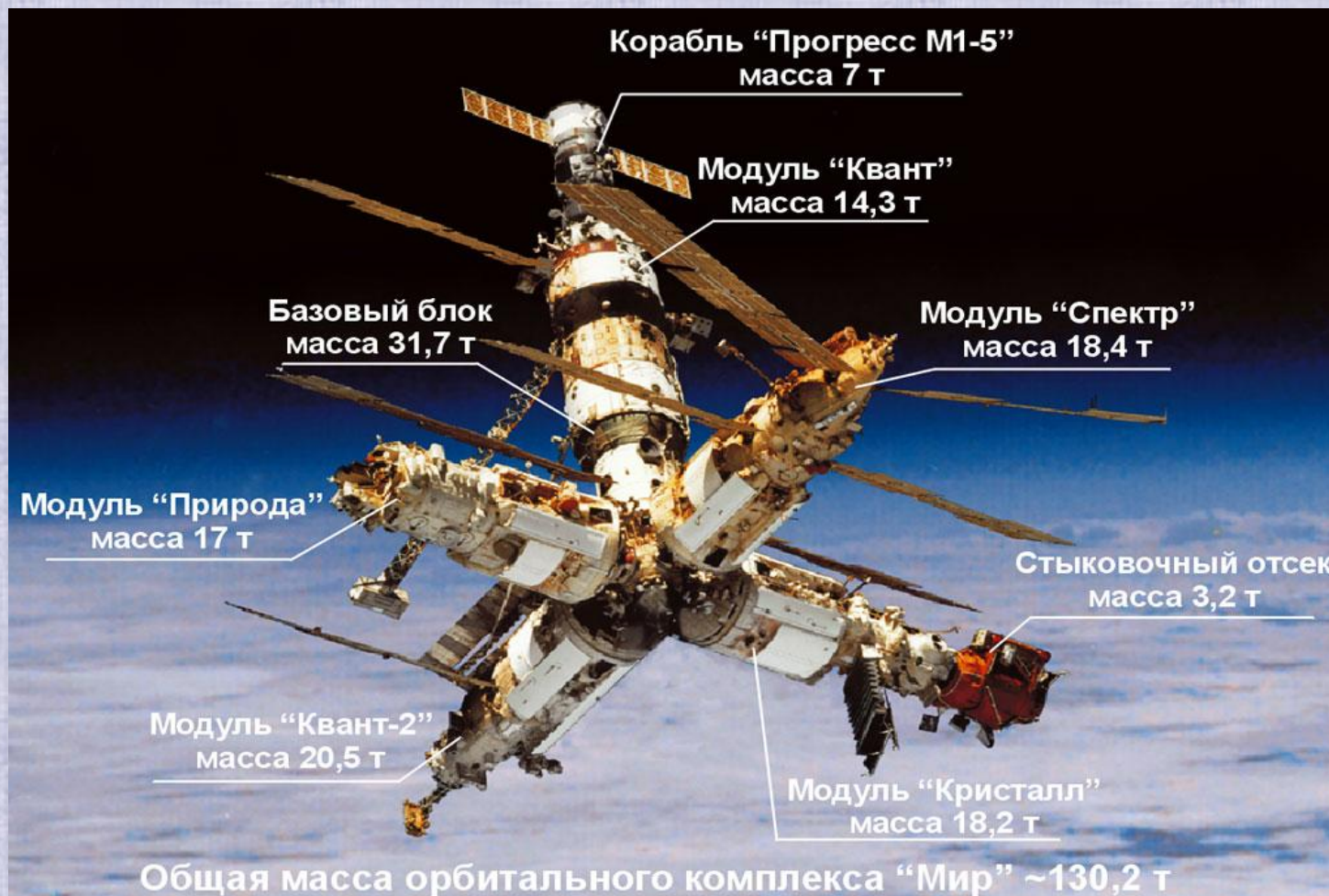
**КОСМИЧЕСКАЯ  
МЕДИЦИНА**

**КОСМИЧЕСКАЯ  
БИОЛОГИЯ**

**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

# Орбитальная станция "Мир"



**Станция «Мир» сконцентрировала в себе высочайшие достижения российской науки и техники, позволила накопить бесценный опыт проведения самых разнообразных фундаментальных и прикладных научных исследований в условиях космоса**



## Количество научных программ на станции «Мир» в 1986-2001 годах

- Российских этапных программ в ходе основных экспедиций      28



- Программ в рамках международного сотрудничества      27

в том числе:      программ США      7



    программ Франции      6



    программ Казахстана      3

    программ Германии      2

    программ ЕКА      2



    программ Сирии, Болгарии, Афганистана,  
    Великобритании, Японии, Австрии,  
    Словакии      7



**Всего реализовано программ      55**

# Отработка технологий – основное направление технических экспериментов на орбитальных станциях



Создание тяжелой орбитальной станции есть необходимый этап для длительных полетов в космическом пространстве, так как здесь будут обрабатываться у Земли (т.е. легко доступны с Земли) люди и вся техника.

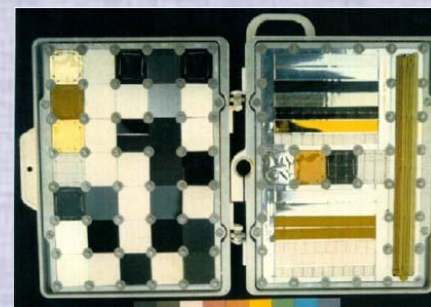
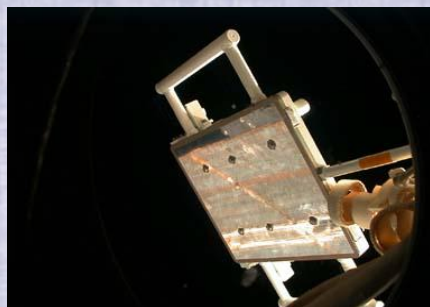
Это важный методический шаг!, без которого не пройти...

## С.П.Королев





# Исследования условий полета и влияние факторов на эксплуатационные характеристики конструкционных материалов



На ОК «Мир» испытано в условиях космического полета более 600 образцов материалов, покрытий и фрагментов конструкций. Применено свыше 100 новых уникальных материалов, включая перспективные композитные материалы



## Опыт экспозиции и возврата на Землю конструкционных материалов и образцов солнечных батарей (СБ)

Россия 1985 г. СБ станции «Салют-7» 3 года

НАСА 1990 г. LDEF - платформа с образцами 5,7 лет

ЕКА 1993 г. СБ спутника «HST» 4 года

**Россия 1997 г. СБ станции «Мир» 10,5 лет**

**Впервые в мировой практике в 1997 г. возвращен фрагмент солнечной батареи, проработавшей на станции «Мир» - 10,5 лет**



**В послеполетных исследованиях принимало участие 15 организаций и исследовательских центров России и США**

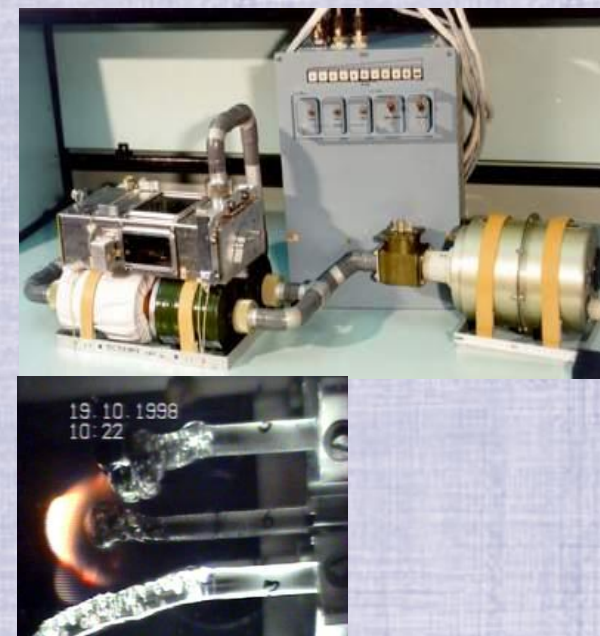
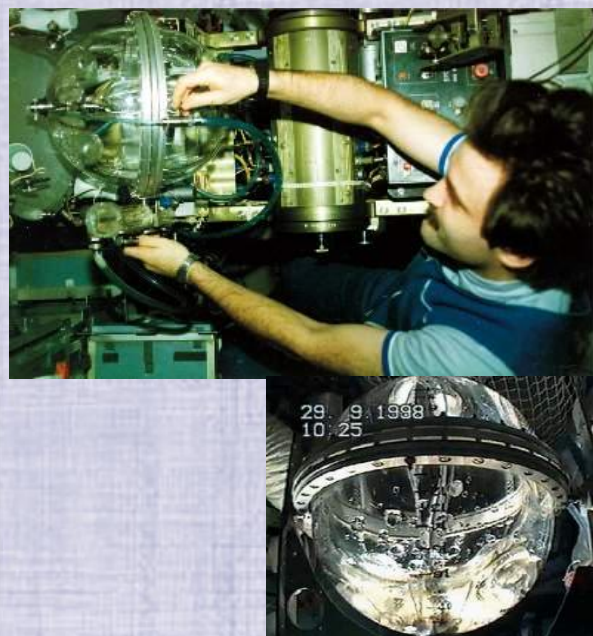


# Отработка перспективных технологий

## Системы терморегулирования

### Топливные системы

### Система имитации горения



**Отработаны элементы и узлы перспективных систем хранения и заправки топлива, уточнены параметры и модели перспективных систем терморегулирования, получены фундаментальные данные по режимам горения различных типов конструкционных материалов**



# Обработка информационных технологий и средств коммуникации



Станция «Мир»



Спутник-ретранслятор



Центр управления полетом  
г. Королев



Удаленное рабочее место  
г. Женева

Управление видеочамерой на поворотной платформе модуля «Квант-2» позволило исследователям виртуально присутствовать на борту станции



## Системы и средства жизнеобеспечения



Система получения кислорода методом электролиза воды «Электрон»



Система удаления углекислого газа «Воздух»



Комплекс систем водообеспечения и регенерации



Блок удаления вредных микропримесей из атмосферы «БМП»

**Новые системы и средства жизнеобеспечения, работавшие по частично замкнутому циклу, существенно сократили грузопоток с Земли расходных материалов**



**О полете человека много говорят, пишут, делают прогнозы, но задача советской науки состоит в том, чтобы обеспечить надежный полет и безусловно гарантированное возвращение на Землю советского человека из космического полета. Нам чужды рекордсменство и легкомысленность в этом вопросе...**

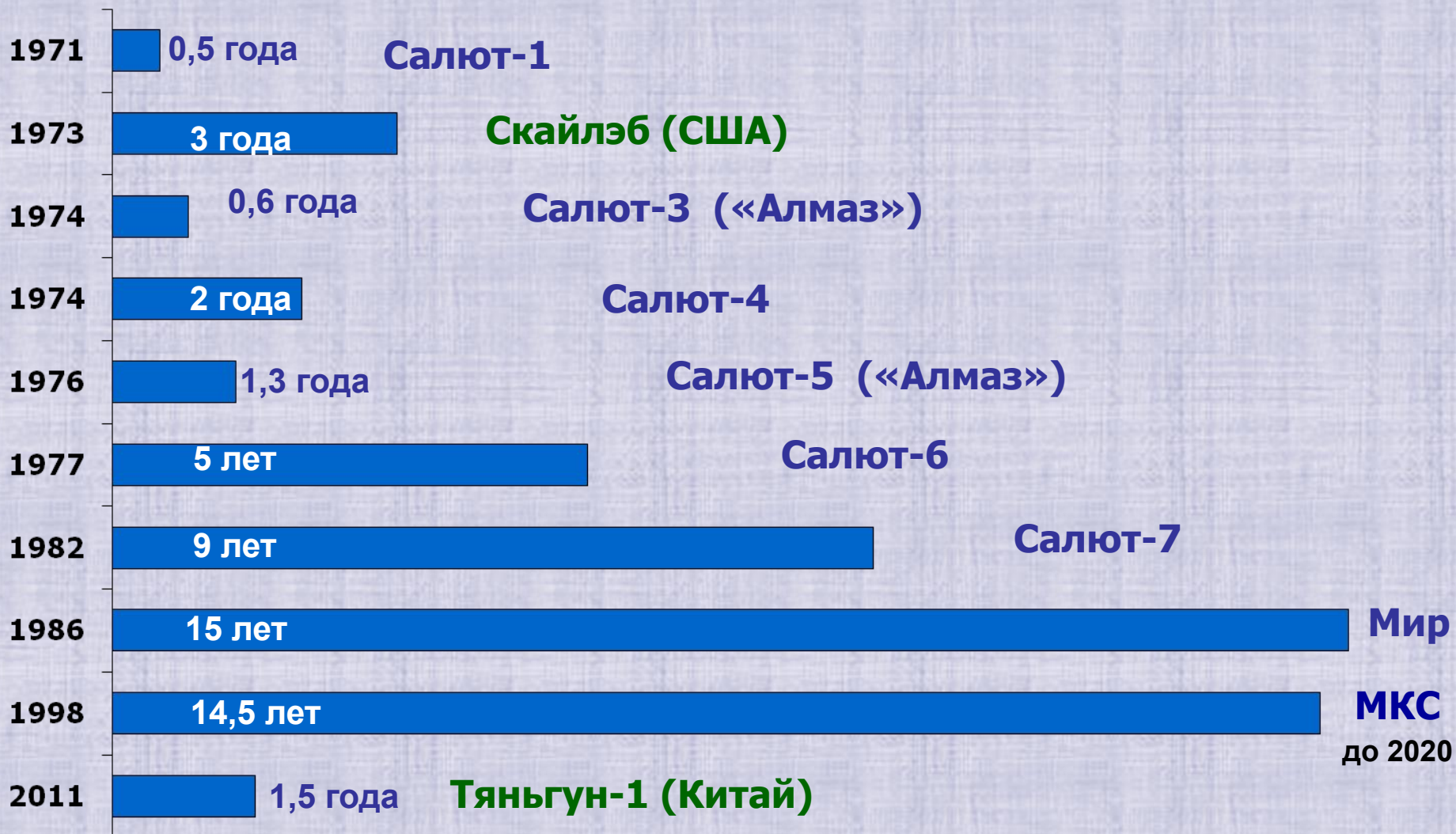
**С.П.Королев**



**Благодаря планомерным исследованиям и отработке технологий длительность полета орбитальных станций была доведена до 15 лет**



# Пилотируемые станции на околоземной орбите

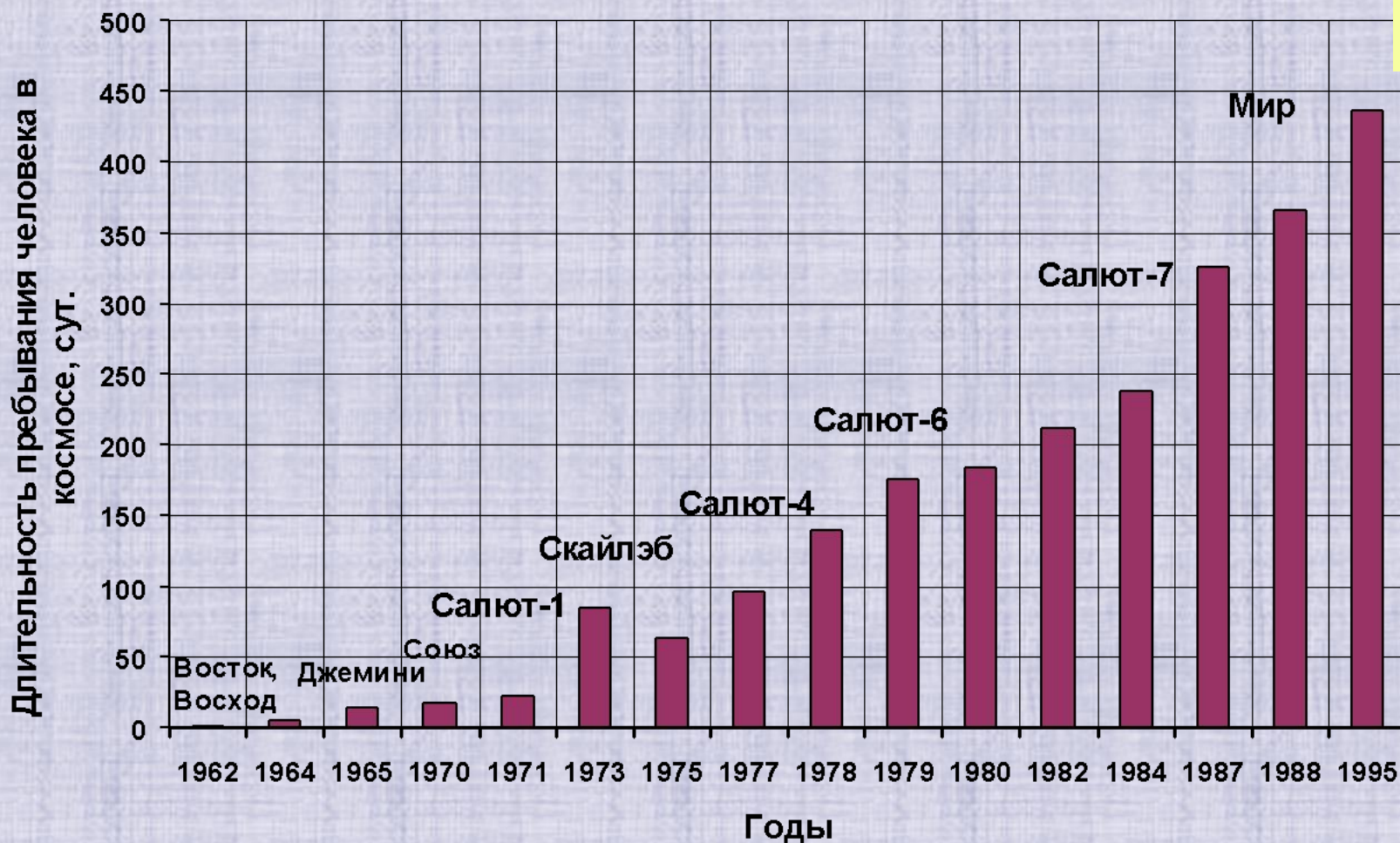


МКС является 9-ой станцией (из 10) созданных человечеством

# Увеличение максимальной длительности пребывания человека в космосе по годам



**Валерий  
ПОЛЯКОВ**  
437 суток

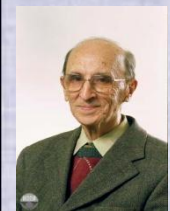




# Отработана медицинская методика подготовки экипажей и аппаратурное обеспечение полетов длительностью до 1,5 лет



А.И. Григорьев



О.Г. Газенко



Российские исследования на станции «Мир» проложили дорогу длительным полетам для изучения и освоения планет солнечной системы



# Международная космическая станция в настоящее время



Масса станции более  
370 тонн

Начало сборки **20.11.1998 г.**

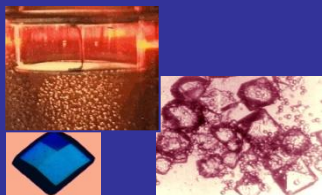


## **Уникальные возможности МКС позволяют ученым всего мира её использовать :**

- ❑ Как уникальную экспериментальную лабораторию, где возможно исследование фундаментальных физических, химических и биологических процессов в отсутствие гравитационного воздействия**
- ❑ В качестве места для отработки новой аппаратуры и методов наблюдения Земли и космического пространства**
- ❑ Для изучения длительного воздействия невесомости на организм человека с целью применения полученных знаний как при дальнейшем исследовании человеком космоса, так и укреплении человеческого здоровья на Земле**
- ❑ Для получения образцов продукции на орбите и для использования накопленных в уникальной космической среде знаний с целью совершенствования земных технологий**

# Направления исследований Долгосрочной программы НПИ на РС МКС (версия 2012 г)

## Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса



19 КЭ

## Человек в космосе



37 КЭ

## Космическая биология и биотехнология



39 КЭ

**Всего  
211  
экспериментов**

## Исследование Земли и Космоса



56 КЭ



45 КЭ

## Технологии освоения космического пространства



15 КЭ

## Образование и популяризация космических исследований



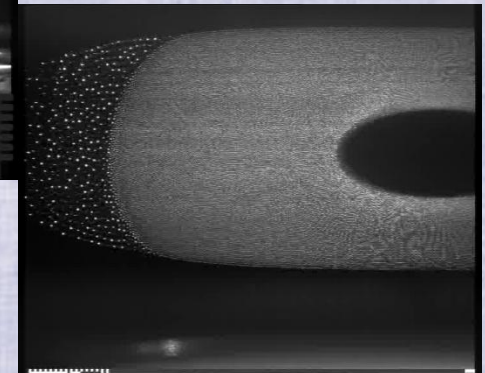
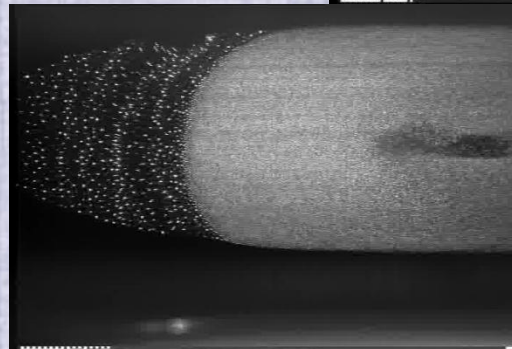
## Основопологающие вопросы научного и исследовательского характера

- Как формируются и эволюционируют Вселенная, галактики, звезды и планеты? Каким образом исследование тайн Вселенной и солнечной системы может перевернуть наши понятия в физике, химии и биологии?
- Существует ли на какой-либо планете, кроме Земли, жизнь в любых проявлениях: простых или сложных, углеродосодержащих формах или других?
- Какова основная роль гравитации и космической радиации в жизненных биологических, физических и химических структурах в космосе, на других планетарных телах и на Земле, и каким образом мы можем применить эти фундаментальные знания для осуществления возможности постоянного присутствия человека в космосе и для повышения уровня жизни на Земле?
- Как можно использовать знания о Солнце, Земле и других планетарных телах для прогнозирования развития окружающей среды, климата, природных катаклизмов и ресурсов полезных ископаемых?
- Как можно использовать передовые технологии для обеспечения большей безопасности, большей доступности и снижения уровня загрязнения окружающей среды, а также как повысить уровень всеобщей безопасности?
- Как наиболее эффективно использовать полученные в ходе космических исследований знания в коммерческих целях в воздушном, космическом пространстве и на Земле?

# Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса

Целью исследований в данном направлении является изучение различных физических и химических процессов, а также исследования в области космического материаловедения в условиях микрогравитации.

Например:  
 исследование  
 плазменно-пылевых кристаллов  
 и жидкостей в условиях  
 микрогравитации.



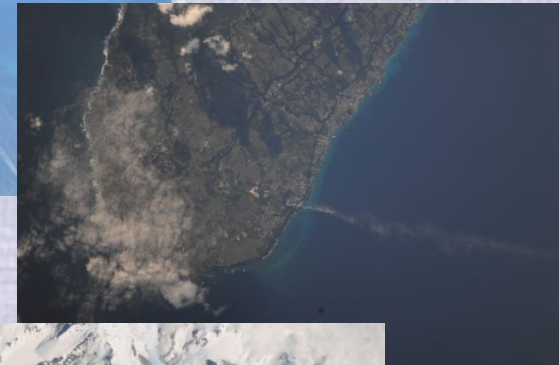
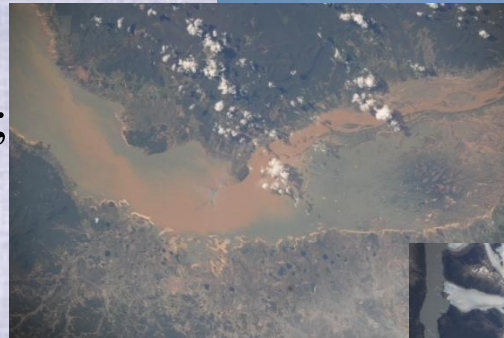
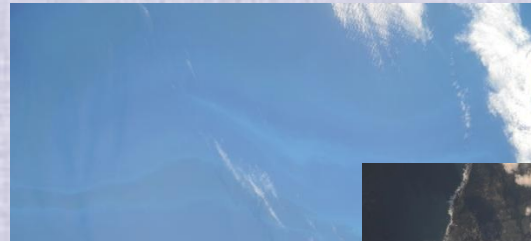


## Исследования Земли и Космоса

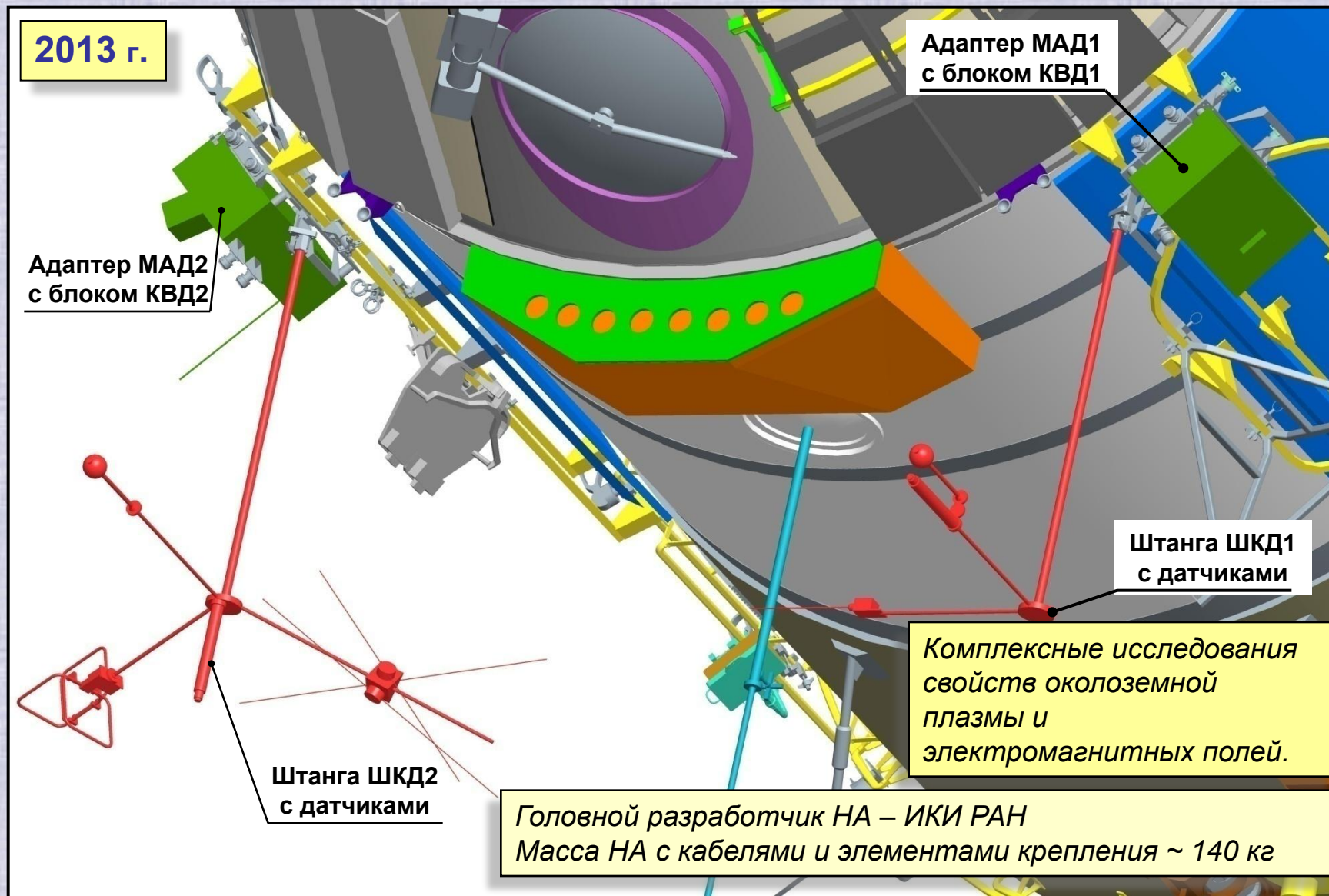
Целью космических исследований и экспериментов по данному направлению является изучение физических процессов, происходящих на поверхности, атмосфере и ионосфере Земли, изучение ближнего и дальнего космоса.

Например:

- отработка технических средств и методов контроля развития катастрофических явлений или их предвестников;
- мониторинг сейсмических эффектов – всплесков высокоэнергичных частиц в околоземном космическом пространстве;



# 19 апреля 2013 г. планируется установка плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка») разработки 6 стран



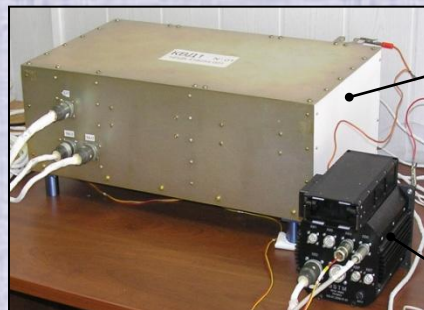


## Состав научного комплекса для КЭ «Обстановка»

№	Наименование прибора (устройства)	Индекс	Разработчик
1	Комбинированный волновой датчик	КВД(2) (CWD)	<b>Украина</b> , Львовский центр ИКИ НАНУ/НКАУ
2	Феррозондовый магнитометр с аналоговым выходом	ДФМ1 (DFM1)	<b>Россия</b> , ИКИ РАН
3	Феррозондовый магнитометр с цифровым выходом	ДФМ2 (DFM2)	<b>Украина</b> , Львовский центр ИКИ НАНУ/НКАУ
4	Зонд Ленгмюра	ЗЛ(2) (LP)	<b>Болгария</b> , ЛСЗВ, БАН
5	Датчик потенциала	ДП(2) (DP)	<b>Болгария</b> , ИКИ БАН
6	Корреляционный спектрограф электронов	КОРЕС (CORES)	<b>Англия</b> , Сассекский университет
7	Радиочастотный анализатор	РЧА (RFA)	<b>Польша</b> , ЦКИ ПАН; <b>Швеция</b> , ИКФ;
8	Анализатор низко-частотных излучений	ШАШЗ (SAS3)	<b>Венгрия</b> , Етвосский университет
9	Устройство сбора данных и управления режимами работы	ДАКУ(2) (DACU)	<b>Венгрия</b> , КФКИ-РМКИ
10	Блок хранения телеметрической информации	БХТИ (BSTM)	<b>Венгрия</b> , КФКИ-РМКИ;
11	Автоматическая система обеспечения терморежима	АСОТР(2) (ASOTR)	<b>Россия</b> , ИКИ РАН
12	Штанги для выноса датчиков	ШВД(2)	<b>Россия</b> , РКК «Энергия»



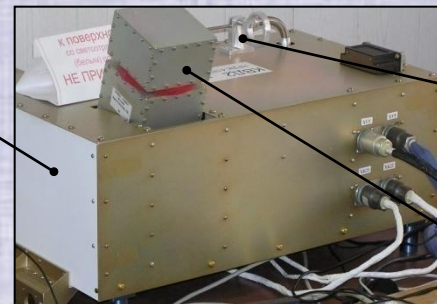
# Научные приборы и оборудование плазменно-волнового комплекса (КЭ «Обстановка»)



КВД-1  
(ИКИ РАН)

КВД-2  
(ИКИ РАН)

Блок хранения  
телеметрической  
информации БХТИ  
(Венгрия)



Зонд Ленгмюра  
ЗЛ-ПП  
(Болгария)

Прибор «Корес»  
(Великобритания)



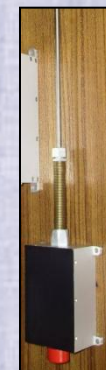
ШКД1      ШКД2  
(РКК «Энергия»)



Датчик  
потенциала  
ДП-ПП  
(Болгария)



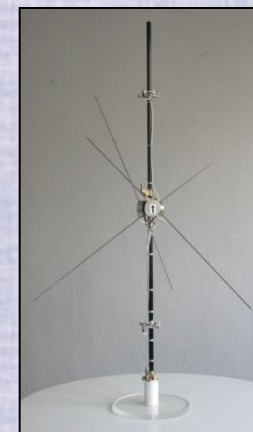
Зонд  
КВЗ-ПП  
(Украина)



Зонд  
Ленгмюра  
ЗЛ-ПП  
(Болгария)



Антенна  
магнитная  
РЧА-АМ  
(Польша)



Антенна  
дипольная  
РЧА-АД  
(Польша)



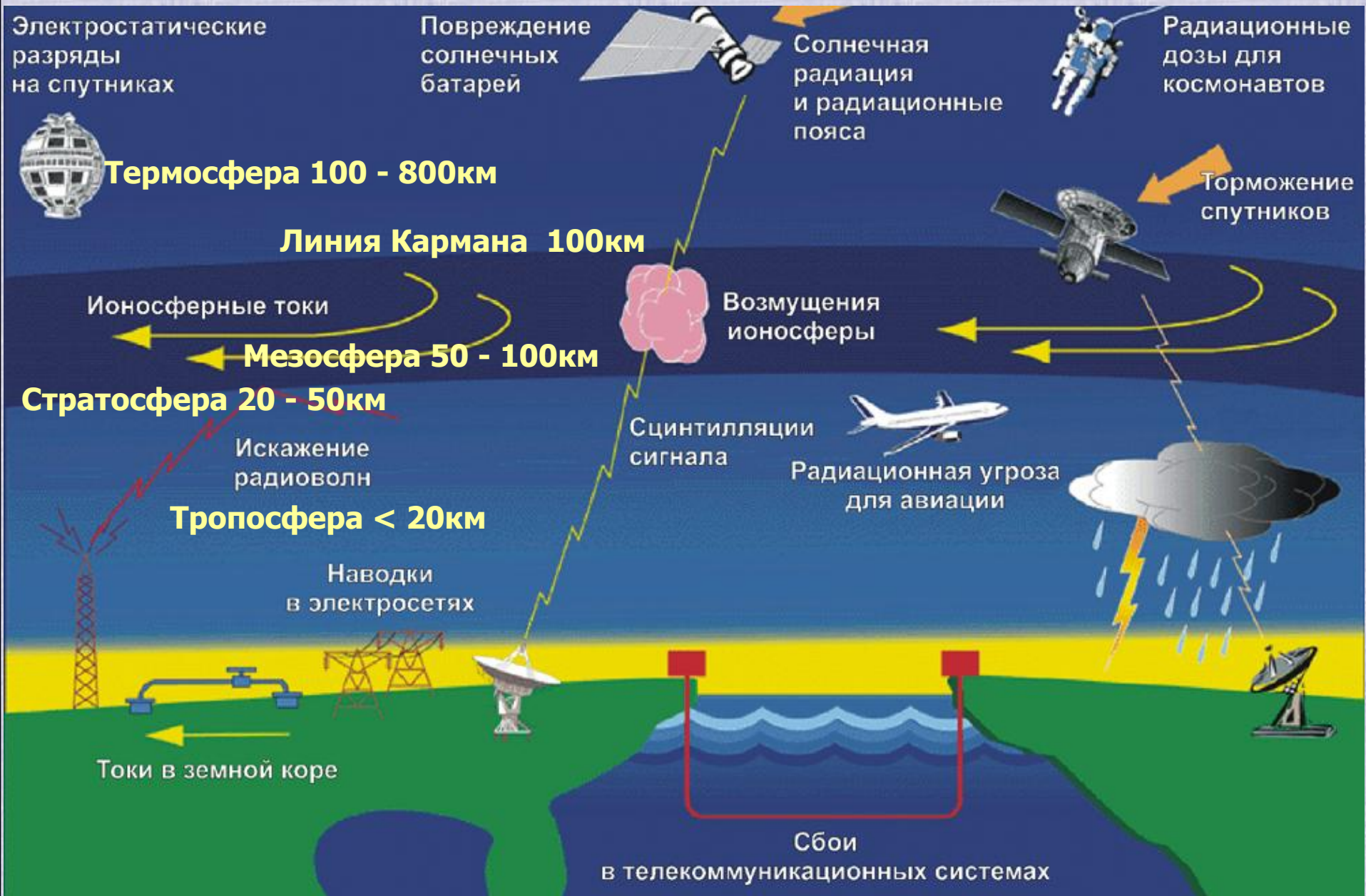
□ Как научиться предсказывать природные катаклизмы и уменьшить уровень загрязнения окружающей среды на Земле?



□ Каковы причины и последствия климатических изменений долговременного характера, и как отличить естественные изменения от процессов, являющихся следствием вмешательства человека?



# Космическая погода

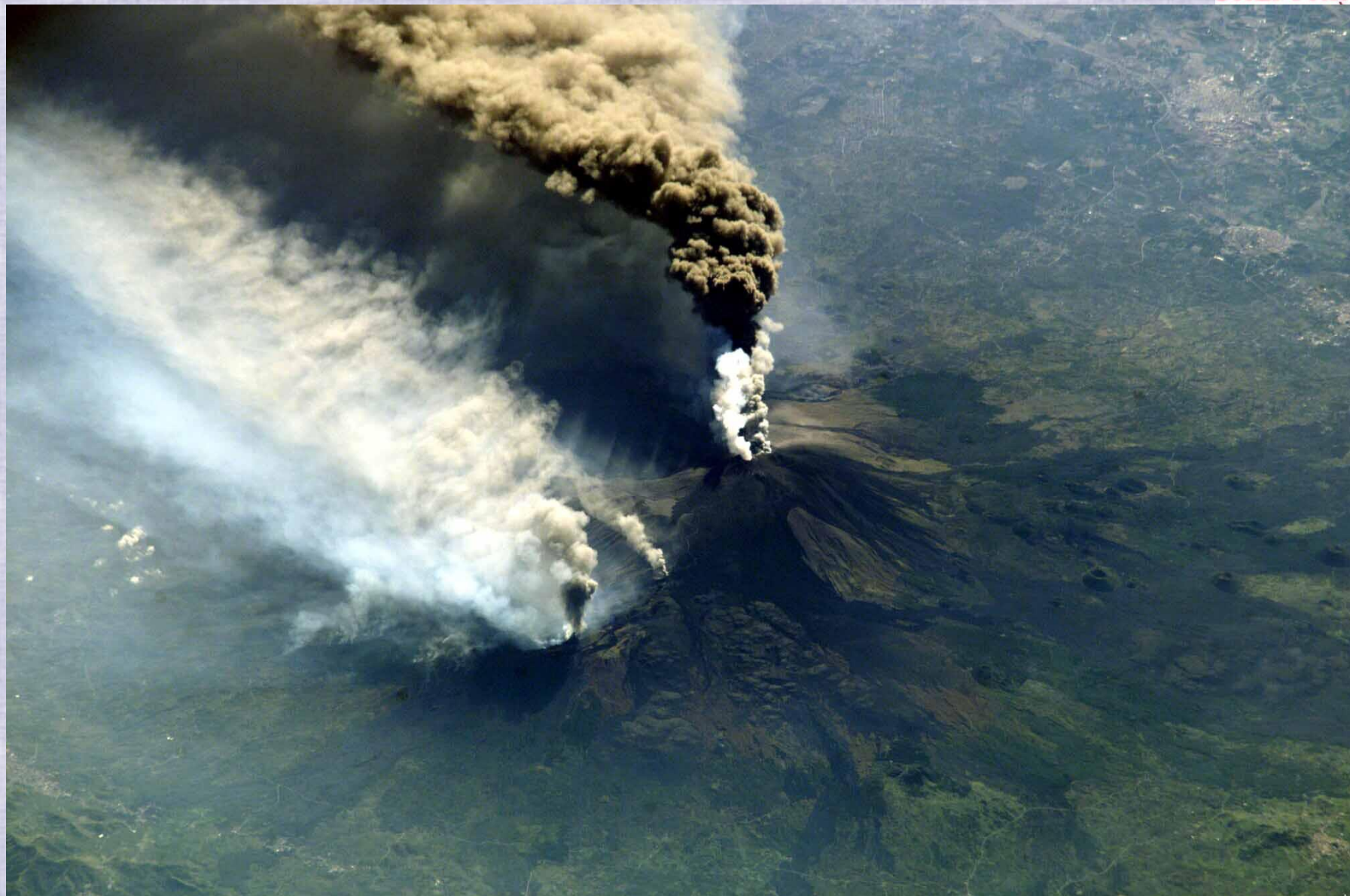




# Исследование природных ресурсов Земли и экологический мониторинг

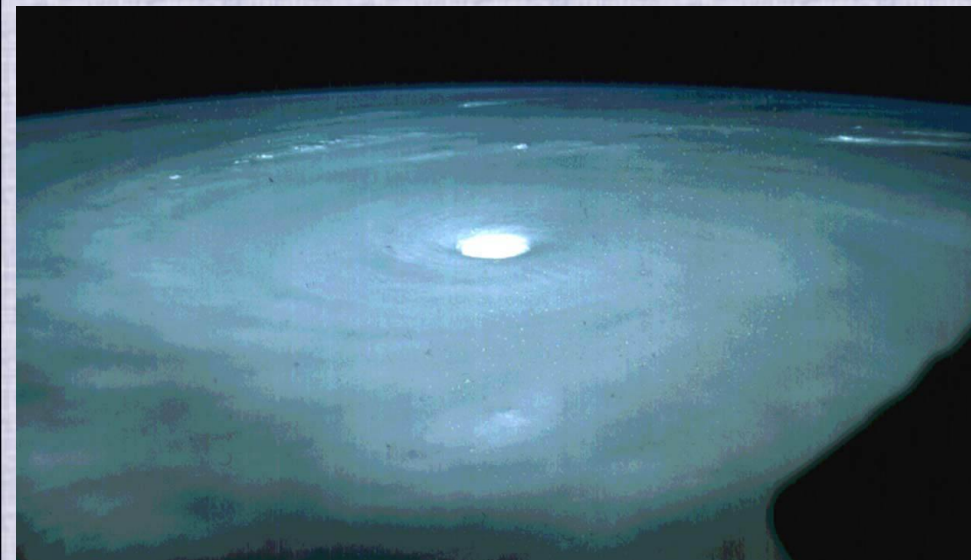




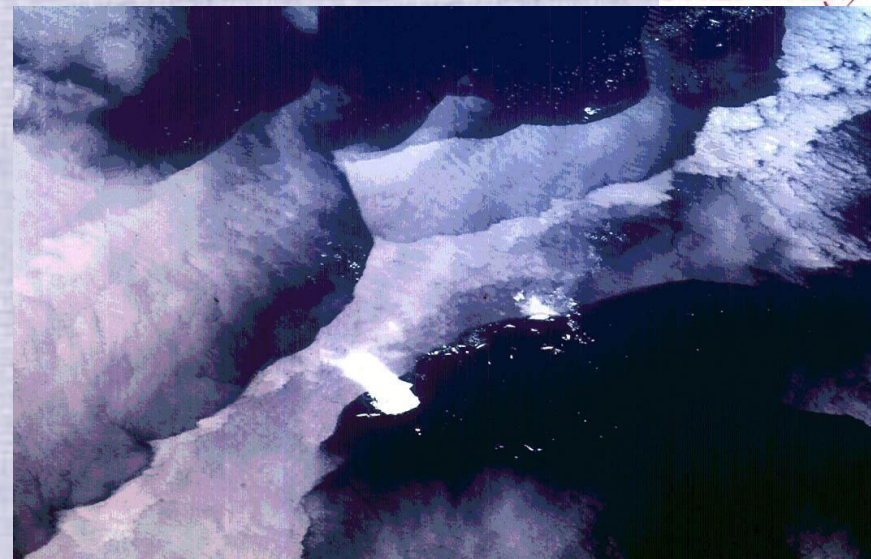


Извержения вулкана Этна на острове Сицилия в октябре 2002 г.

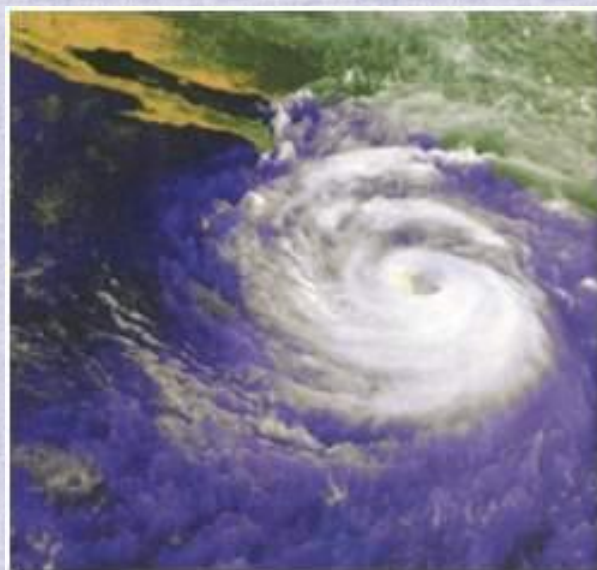




Тайфун



Айсберги



Ураган



Пожары



# Исследование природных ресурсов Земли и экологический мониторинг





□ Как образовалась Вселенная, и какова ее дальнейшая судьба?



□ Какие физические процессы имеют место в экстремальных точках пространства, таких как черные дыры?

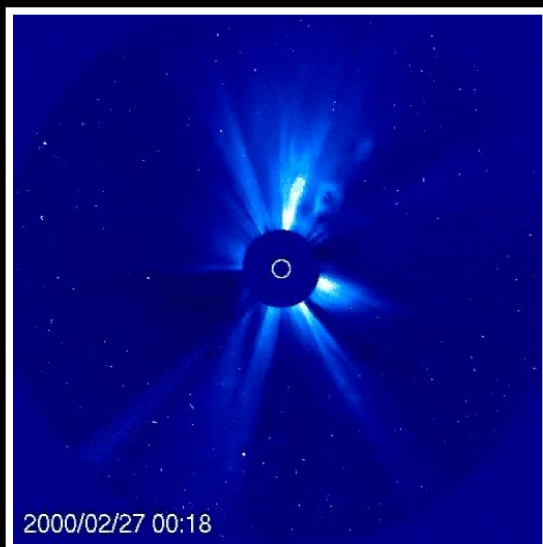
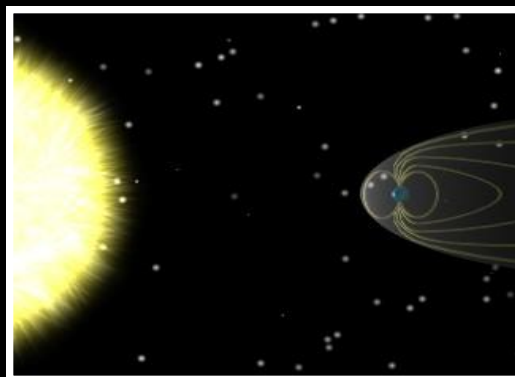


□ Как образовались и развиваются Галактики, звезды и планетарные системы?





## Солнечно-Земные связи



- Как можно использовать знания о Солнце, Земле и других планетарных телах для прогнозирования развития окружающей среды, климата и природных катаклизмов?



## Альфа-магнитный спектрометр – The Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02)



AMS-02 является наиболее современным детектором в области физики элементарных частиц

Основное назначение AMS-02 – получение качественно новых знаний о антиматерии и темной материи, базируясь на измерениях космических лучей

**Продолжительность эксперимента около 10 лет**

В состав бортовой электроники входят 650 микропроцессоров, 300 000 каналов передачи данных.



- Масса 7000 кг, диаметр 3 м, высота 4 м
- 60 институтов из 16 стран
- Стоимость 2 млрд. \$

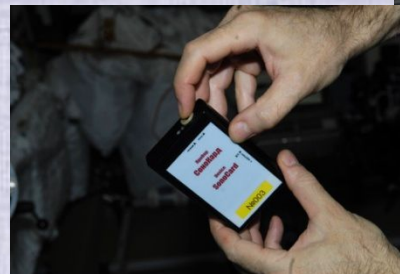


## Человек в космосе

Целью исследований в данном направлении является совершенствование системы медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов, включая перспективу полета на другие планеты.

Например:

- комплексное исследование физиологических функций во время сна в ходе длительного космического полета;
- изучение типологических особенностей операторской деятельности экипажей на этапах длительного космического полета;
- исследование динамики состава тела и распределения жидких сред организма человека в условиях длительного космического полета.





## Технологии освоения космического пространства

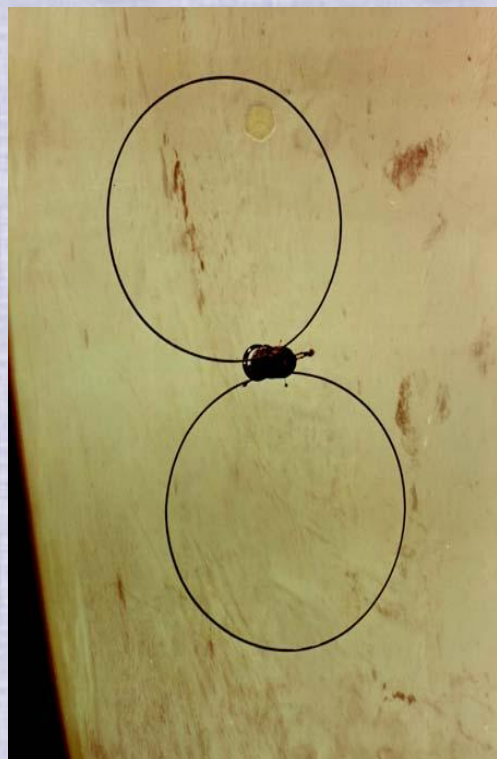
Целью реализации технических исследований и экспериментов является отработка и совершенствование космической техники и ее составных элементов, освоение новых космических технологий в обеспечение повышения целевой и эксплуатационной эффективности космических станций, а также отработка ключевых элементов перспективной пилотируемой инфраструктуры в интересах освоения дальнего космоса.

Например:

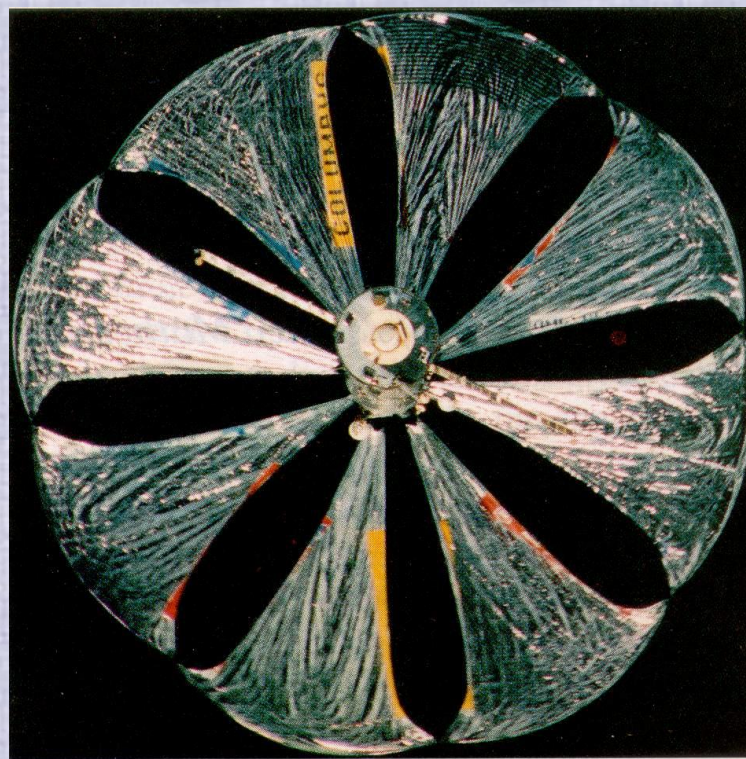
- выбор и отработка методов и средств обнаружения мест разгерметизации космических станции и аппаратов;
- отработка системы лазерной связи для передачи больших массивов информации от целевой аппаратуры.



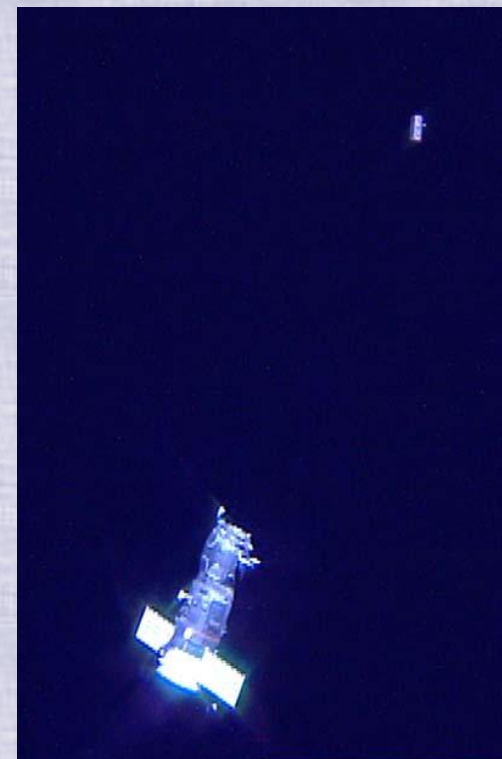




«Модель-2»



«Знамя 2»



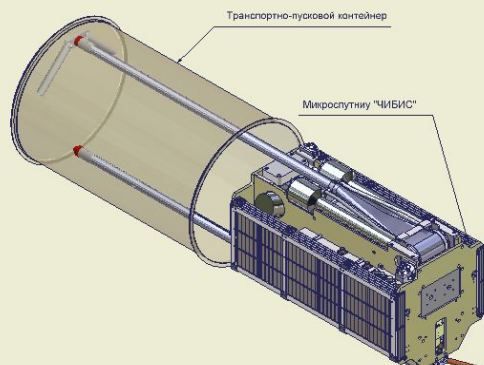
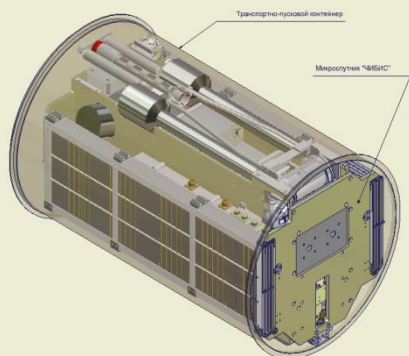
«Инспектор»

**Использование грузовых кораблей «Прогресс»  
в качестве специализированных модулей для проведения  
комплексных экспериментов**

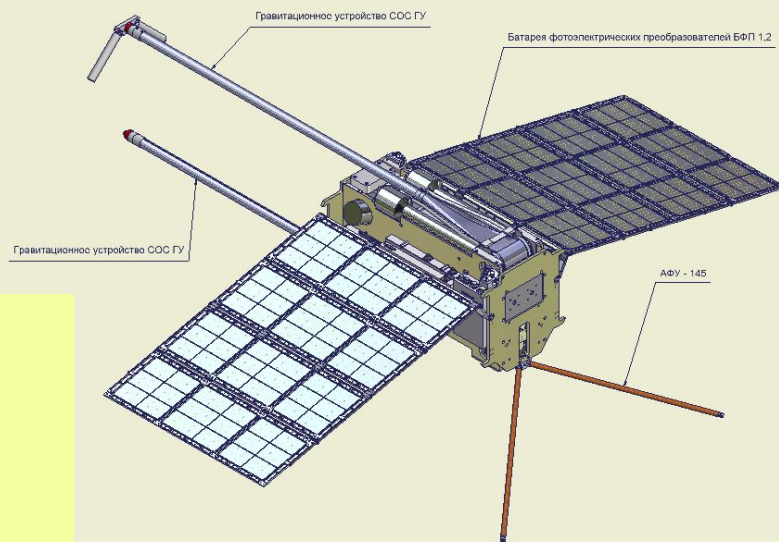


# Микроспутник «ЧИБИС» для исследования новых физических механизмов электрических разрядов в атмосфере

Разработчик микроспутника: СКБ КП ИКИ РАН  
(г. Таруса)



- 1) Масса 40 кг, из них научные приборы - 12,5 кг
- 2) Система передачи данных - 1,2 Мбит/с



Запуск микроспутника на орбиту 500 км проводился 25.01.12 в автоматическом режиме с использованием грузового корабля «Прогресс-М»

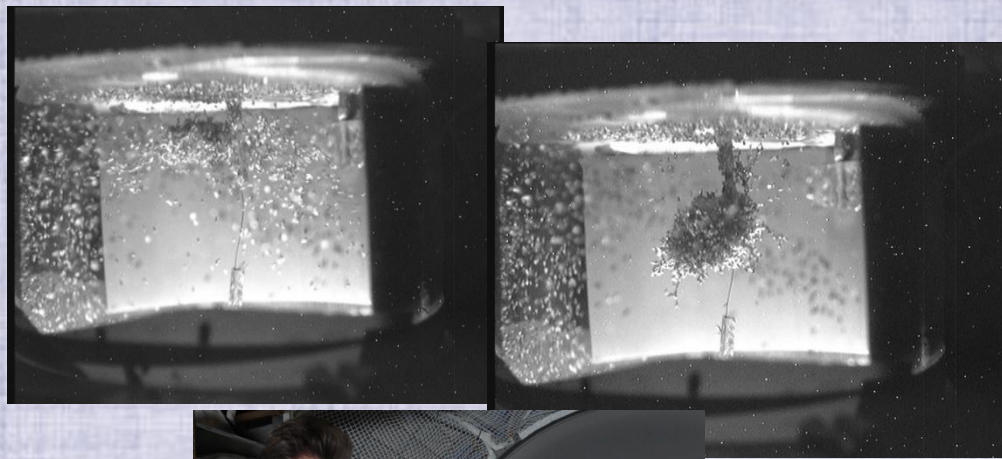


## Образование и популяризация космических исследований

Целью работ данного направления является проведение научных экспериментов и тематических уроков из космоса в интересах образования, а также популяризация космических исследований и пропаганда достижений российской космонавтики.

Например:

- изучение динамики системы заряженных частиц в магнитном поле в условиях микрогравитации;
- космические аппараты и современные технологии персональных коммуникаций связи.



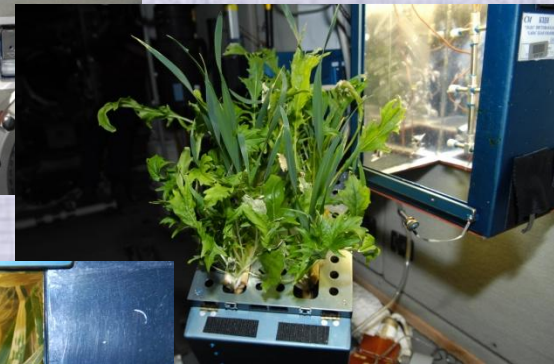


## Космическая биология и биотехнология

Целью исследований в данном направлении является изучение влияния факторов космического полета на биообъекты и биотехнологические процессы, поиск и экспериментальная отработка базовых технологий получения перспективных биопродуктов в условиях микрогравитации, а также получение знаний по фундаментальным проблемам наук о жизни.

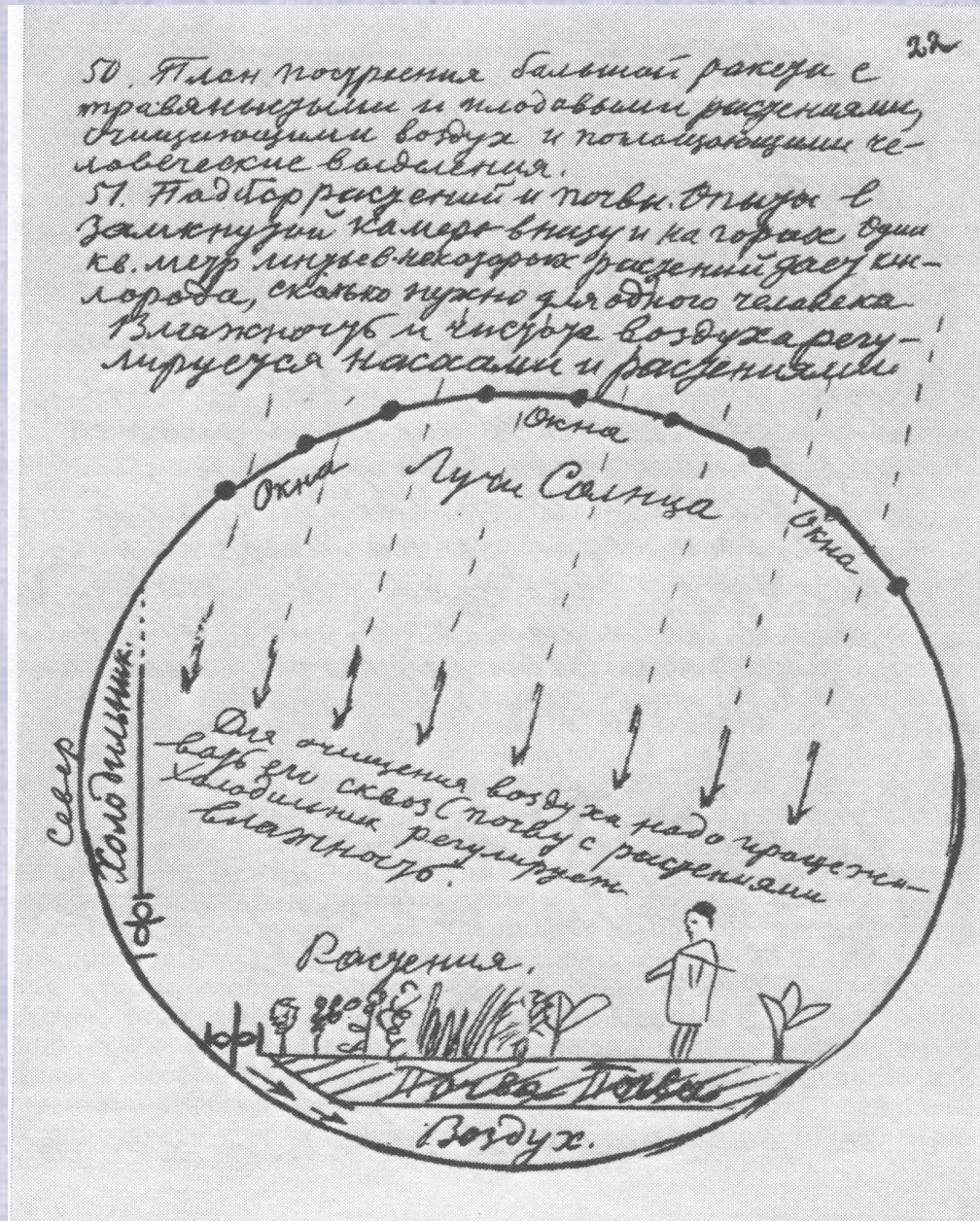
Например:

- исследование роста и развития высших растений;
- выявление генотипических особенностей, определяющих индивидуальные различия в устойчивости биологических объектов к факторам длительного космического полета.





# Творческое наследие К.Э. Циолковского



Устройство оранжереи на орбитальной станции.  
Страница из рукописи «Альбом космических путешествий»

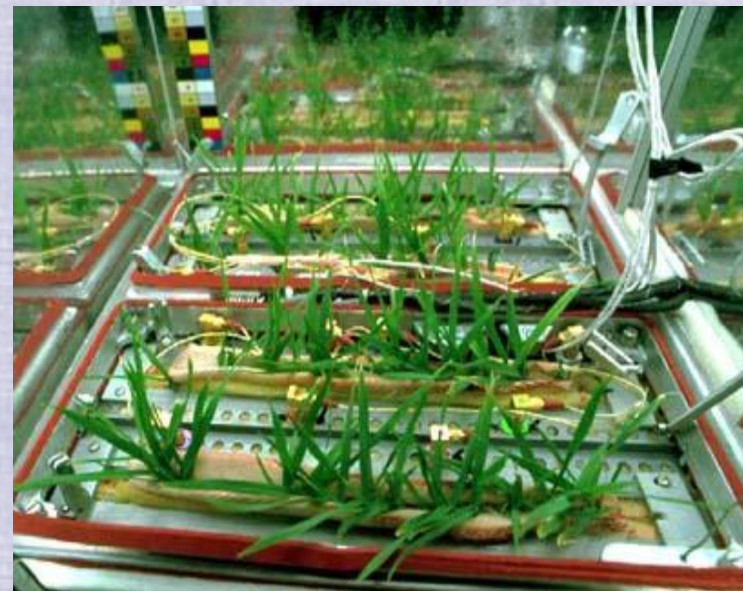


# Пример реализации творческого наследия К.Э.Циолковского и С.П. Королева

**Надо начать разработку «Оранжереи по Циолковскому» и надо начинать работать над космическими урожаями :**

- каков состав этих посевов, какие культуры?
- эффективность, полезность?
- обратимость посевов из своих же семян и т.д.

**С.П.Королев**







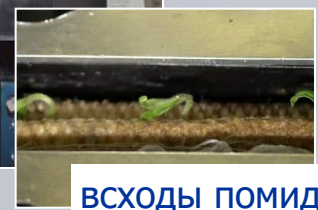
листья салата Мизуна



урожай гороха

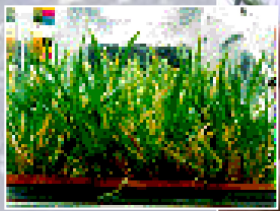
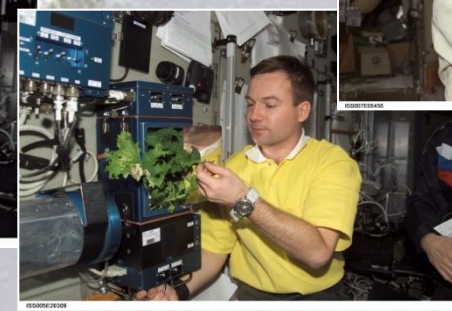


Оранжерея "Свет"  
ОК "Мир"  
1997 - 1999 гг.



всходы помидоров

Оранжерея "ЛАДА"  
РС МКС  
2002-2012 гг.

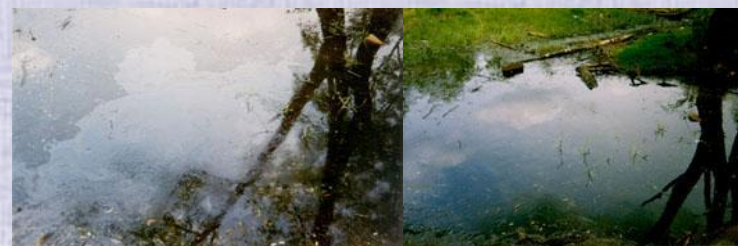
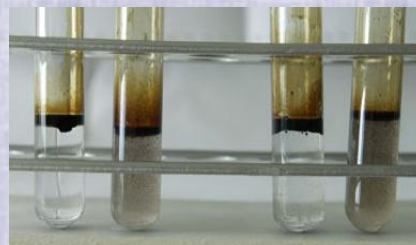
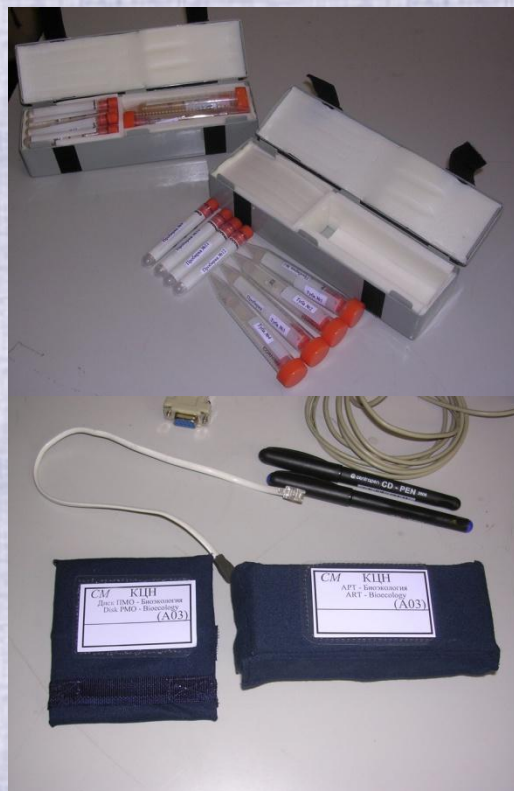


колосья 1-го и 2-го поколений  
космической пшеницы



## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ BIOTECHNOLOGY

Получение промышленных штаммов – продуцента биodeграданта нефтепродуктов



Начато опытное использование препарата «Родарт», созданного на основе «космических» штаммов МИП- 89 и МИА-74, в восстановлении экологической чистоты загрязненных нефтепродуктами участков Подмосковья



## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ

- Получение промышленных штаммов – продуцентов средств защиты и стимуляторов роста растений



Назначение - борьба с болезнями и улучшение агротехники культурных растений



## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ

- Получение промышленных штаммов – продуцентов рекомбинантной вакцины с улучшенными свойствами для лечения гепатита В

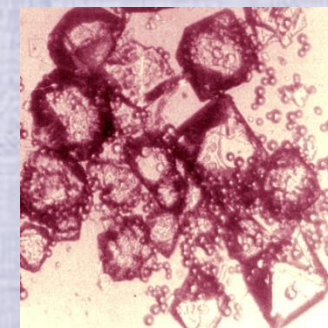
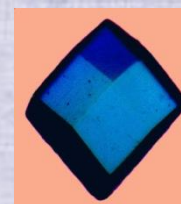
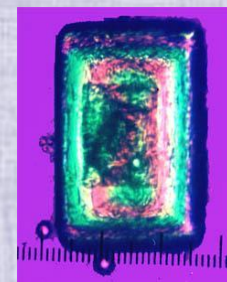


**Назначение космической технологии - повышение производительности линий, вырабатывающих вакцину против гепатита В**



## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ

- Выращивание биологических кристаллов - основного источника научной информации для создания лекарств нового поколения



**Новые препараты для профилактики и лечения опасных вирусных и иммунных заболеваний,  
в том числе отечественная вакцина против СПИДа**

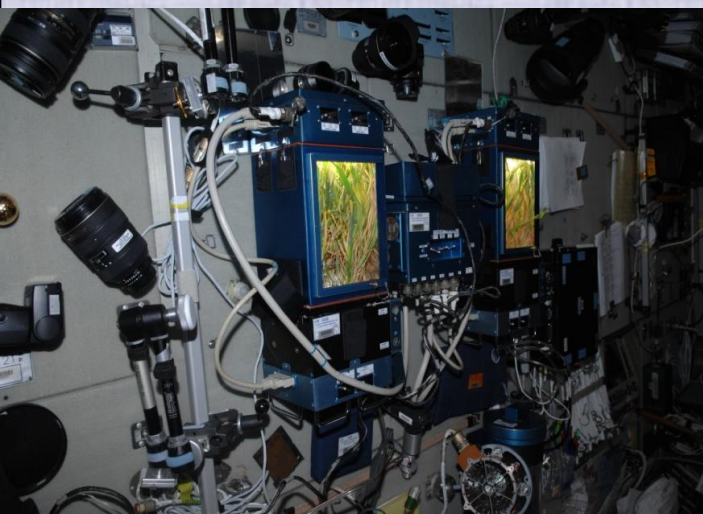


# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

## Развитие растений не зависит от гравитации! – эксперимент «Растения-2»

Совместно с NASA

Исследование роста и развития высших растений, а также отработка технологии их культивирования в условиях микрогравитации



Анализ результатов по выращиванию четырех последовательных генераций гороха линии 131 показывает, что растения могут длительное время, сопоставимое с длительностью марсианской экспедиции, выращиваться в условиях космического полета без потери репродуктивных функций и формировать жизнеспособные семена

### Основные результаты

- Впервые в мире в условиях космического полета получено четыре последовательных поколения семян генетически маркированной линии гороха
- Характеристики роста и развития растений гороха различных линий в течение полного цикла онтогенеза в оранжерее «Лада» не изменяются по сравнению с наземным контрольным вариантом
- Впервые в мире показано, что факторы космического

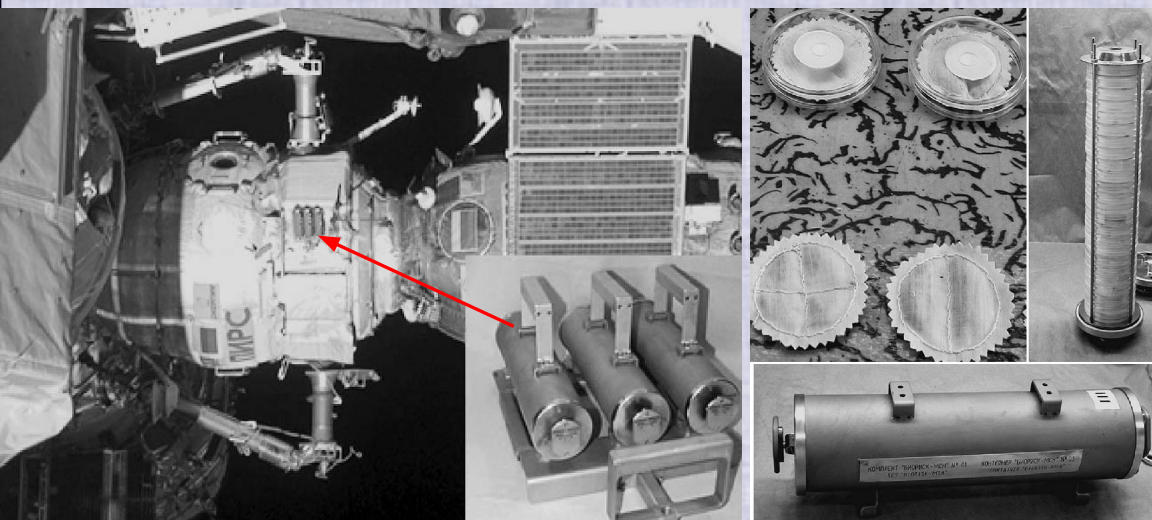
Постановщик – ГНЦ РФ ИМБП РАН



# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

## Биологическая жизнь вне Земли возможна! – эксперимент «Биориск»

Исследование влияния факторов космического пространства на состояние систем "микроорганизмы – субстраты" применительно к проблеме экологической безопасности КА и планетарного карантина



### Основные результаты

- Впервые показано, что при длительном пребывании в экстремальных условиях космического пространства сохраняют свою жизнеспособность не только споры микроорганизмов, но и покоящиеся формы других организмов, стоящих в эволюционном ряду на более высоких уровнях развития (семена высших растений, личинки комара, яйца низших ракообразных), что имеет важное значение для формирования концепции планетарной защиты при межпланетных поездах

Новый вклад в фундаментальные знания о пределах жизнеспособности биологических систем различного уровня организации и возможности распространения биологической формы жизни во Вселенной



# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

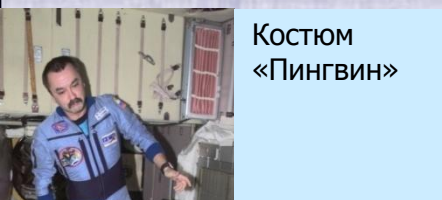
## Медико-биологические исследования в космосе – приложения на Земле

### Вклад в практику здравоохранения

- отработка методов реабилитации больных после длительного постельного режима
- отработка методов восстановительной терапии для больных, страдающих пороками двигательной системы

Эксперименты «Спрут-МБИ», «Спрут-2», «Кардио-ОДНТ», «Профилактика», «Пuls», «Сонокард», «Дыхание», «Типология», «Пневмокард», БИМС, «Фарма» и другие

**Постановщик – ГНЦ РФ ИМБП РАН**



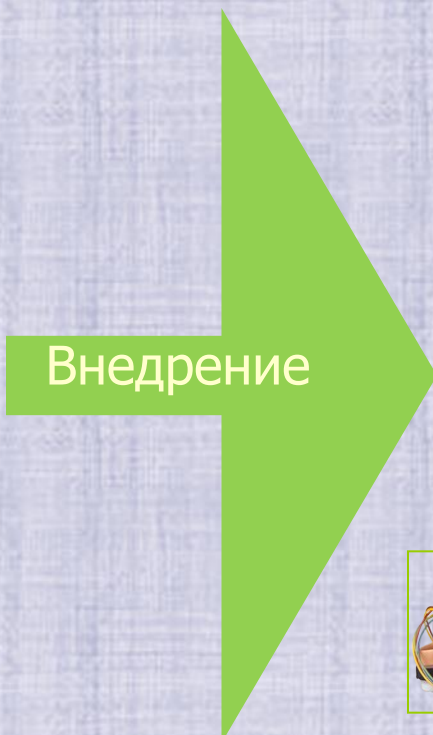
Костюм «Пингвин»



Компенсатор опорной разгрузки КОР



Миостимулятор «Стимул-0 1 НЧ»



Костюм аксиального нагружения «Регент»



Подошвенный имитатор опорных нагрузок «Пион»



# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

## Медико-биологические исследования в космосе – приложения на Земле

### Вклад в практику здравоохранения

внедрение космических методов диагностики и приборов МКС в практику телемедицины и медицины катастроф

Эксперименты «Спрут-МБИ», «Спрут-2», «Кардио-ОДНТ», «Профилактика», «Пulsь», «Сонокард», «Дыхание», «Типология», «Пневмокард», БИМС, «Фарма» и другие



**Ксеноновый терапевтический контур КТК-01**

**Аппараты для ингаляции «Ингалит»**



**Переносные барокамеры «Малыш» и «Кубышка»**



### Постановщик – ГНЦ РФ ИМБП РАН

В клиниках используются:



медкомплекс «Гамма-1М»,

- анализатор «Рефлотрон-4»,
- аппаратура «Эхограф»,
- телемедицинское оборудование ТБК-1 и другие приборы

- Создание аэромобильных госпиталей МЧС для оказания экстренной помощи на базе передвижного комплекса средств спасения и эвакуации экипажей



# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

## Поиск рыбопромысловых районов из космоса – эксперимент «Сейнер»

**Отработка методики взаимодействия экипажей РС МКС с судами Рыболовства в процессе поиска и освоения промыслово-продуктивных районов Мирового океана**

### Основные приложения

- Обследование районов Мирового океана в широтном поясе  $\pm 54^\circ$  с целью контрольного поиска и определения текущих координат биопродуктивных акваторий
- Регистрация формы, структуры и морфометрических характеристик цветоконтрастных образований, наблюдаемых из космоса в заданных биопродуктивных районах океана
- Координатная привязка



Проведение совмещенных по месту и времени космических визуально-инструментальных наблюдений (с помощью цифровой фототехники) и судовых измерений гидробиологических (первичная продукция) и оптических (хлорофилл) показателей на тестовых акваториях с оперативной передачей данных на Землю

**Постановщик – ВНИИРО**

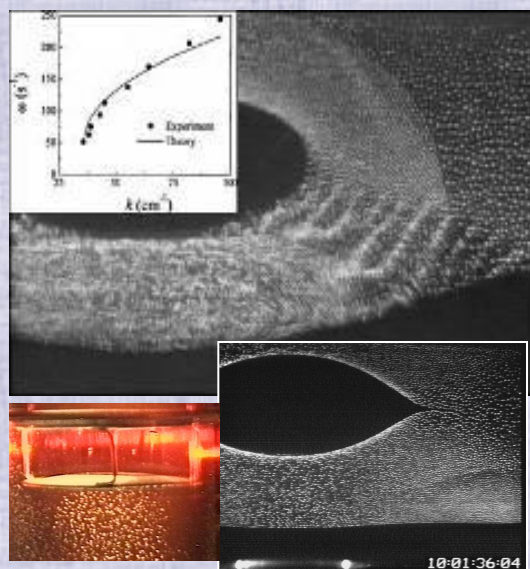


# Целевое использование РС МКС: примеры значимых результатов

## Пылевая плазма: самоорганизация материи – эксперимент «Плазменный кристалл»»

Совместно с ESA

Исследование плазменно-пылевых кристаллов и жидкостей в условиях микрогравитации



### Основные результаты

- Впервые обнаружено формирование трехмерных упорядоченных структур сильно заряженных частиц микронного размера с большим параметром неидеальности (трехмерный плазменный кристалл)
- Открыто одновременное сосуществование гранецентрированных и гексагональных структур
- Обнаружены нелинейные волны плотности пылевой компоненты
- Обнаружено конвективное движение заряженных

**Области потенциальных приложений:**

**Нанотехнологии** – очистка, осаждение, сепарация

**Получение новых материалов и покрытий**

**Термоядерный синтез** – удаление пылевых частиц из зоны реакции

**Создание лазеров** – рабочее тело из аэрозоля радиоактивных частиц



# Наиболее значимые научные и практические результаты, полученные на АС МКС за время его эксплуатации

## Биология и биотехнология

Американской компанией Astrogenetix, Inc. в ходе комплексного исследования роста вирулентности бактерии *Salmonella* в условиях микрогравитации, проводимого с 2006 года по н.в. на МКС и кораблях Space Shuttle, разработана **вакцина против сальмонеллы**, которая в настоящее время проходит процедуру сертификации в США в качестве нового лекарственного препарата. Этой же компанией с 2009 года по н.в. проводятся аналогичные эксперименты с метициллин-резистивной бактерией *Staphylococcus aureus* (MRSA), в ходе которых уже получены вещества, рассматриваемые в качестве **кандидатов-вакцин против стафилококковых инфекций**

В результате проводимых JAXA исследований выращенных на борту МКС кристаллов протеинов (эксперименты GCF и JAXA-PCG) японским ученым удалось разработать новый **лекарственный препарат против мышечной дистрофии** (болезнь Дюшена), проходящий процедуру сертификации в Японии. Кроме того, получены вещества-кандидаты в **препараты для лечения астмы и замедления процессов старения** человеческого организма, а также **повышения иммунитета**, работа с которыми продолжается



Коммерческие биотехнологические эксперименты на АС МКС с использованием биореакторов Group Activation Pack (GAP) компании Astrogenetix США (вакцины против сальмонеллы, стафилококка MRSA)



В инкубаторе системы PCRФ стойки Ryutai проводится российско-японский эксперимент по выращиванию кристаллов протеинов **Кристаллизатор/JAXA-PCG**



# Наиболее значимые научные и практические результаты, полученные на АС МКС за время его эксплуатации

## Биология и биотехнология

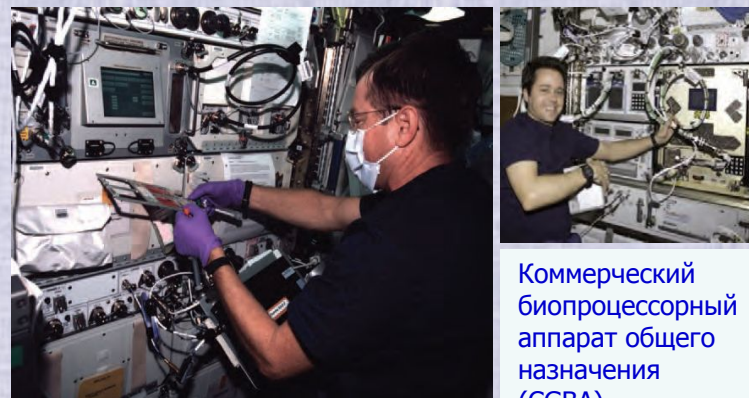
Американские ученые в ходе исследований, проводимых на МКС с 2002 года, разработали метод **микрокапсуляции** в условиях микрогравитации **противораковых лекарственных препаратов** для доставки лекарств непосредственно к пораженному опухоли органу. Технология разработана благодаря новым исследованиям «на стыке» механики жидкости, обработки биологических материалов в магнитном поле, генетического модифицирования ДНК, проводимым в условиях отсутствия силы тяжести. Технология адаптирована к земным условиям и внедрена в ряде ведущих раковых центров США (Anderson Cancer Center и Cancer Center at Mayo Clinic)

Принципиальным вкладом в фундаментальную биологию является построенная в США на основе исследований в невесомости **новая модель живой клетки**, рассматриваемой не как эластичная мембрана в окружении вязкой цитоплазмы, а как биомеханическая система, в которой обеспечивается равновесие сжимающих и расширяющих сил (tensegrity model)

Постановщик КЭ д-р Моррисон с летным комплектом MEPS



Микрокапсулы, содержащие противоопухолевые лекарства, созданные в установке электростатической микрокапсуляции MEPS на АС МКС



Коммерческий биопроцессорный аппарат общего назначения (CGBA)



# Наиболее значимые научные и практические результаты, полученные на АС МКС за время его эксплуатации

## Исследования человека

канадскими учеными исследованы процессы потери костной ткани членами экипажа МКС в невесомости (остеопороз), где этот процесс ускоряется приблизительно в 12 раз по сравнению с земными условиями. На основе полученных результатов **разработаны лекарства-ингибиторы, способствующие замедлению процесса разрушения костной ткани.** Один из разработанных препаратов («Бисфосфонат») в 2009 году сертифицирован в США в качестве лекарственного средства (принимается астронавтами на борту МКС, назначается женщинам в состоянии беременности и после наступления менопаузы, пожилым людям и пациентам с выраженной декальцинацией организма)



Астронавты принимают «Бисфосфонат» раз в неделю для профилактики остеопороза в космосе



Аппаратура EBCS для выращивания клеток костной ткани (CSA)



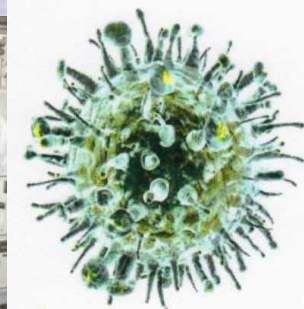


# Наиболее значимые научные и практические результаты, полученные на АС МКС за время его эксплуатации

## Исследования человека

Исследования иммунной системы человека на АС МКС привели к **установлению на клеточном и генетическом уровнях механизмов, приводящих к понижению иммунитета организма**. Полученные результаты позволили разработать ряд методов противодействия этому процессу (прежде всего, физиотерапевтических), которые, будучи адаптированы к земным условиям, используются в американских и европейских клиниках для лечения пациентов с пониженным в результате применения лекарственных препаратов, стресса, воздействия радиации или химиотерапии иммунитетом

Технические решения, реализованные при разработке **новейшей аппаратуры ультразвуковой диагностики** состояния здоровья членов экипажа АС МКС (компактной, надежной, достоверно-информативной, с дружественным и простым интерфейсом) уже внедрены в аппаратуру, используемой в США на Скорой помощи, в телемедицине, при проведении спасательных операций



Разработана технология защиты от вируса герпеса при снижении иммунитета во время длительного космического полета



Разработанная для МКС аппаратура ADUM



## Участие ученых МГУ в постановке экспериментов на российском сегменте МКС

Направление научных исследований	Эксперименты
Исследование Земли и Космоса	КЛПВЭ, Лира-Б, БЮОН
Человек в космосе	Эмпол
Космическая биология и биотехнология	Биодеградация, Биориск
Технологии освоения космического пространства	Скорпион, Токсичность, Биополимер
<b>Всего</b>	<b>9 экспериментов</b>

**Из 9 экспериментов 2 КЭ (Скорпион, Токсичность) уже завершены, еще 2 КЭ (Биодеградация, Биориск) реализуются на борту РС МКС**



# ОБЩАЯ СХЕМА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ НПИ





# Руководители секций КНТС Роскосмоса по состоянию на 2012 г.

## Секция 1. Космическая биология и физиология

академик А.И. Григорьев

## Секция 2. Космическое материаловедение

член-корр. Ковальчук М.В.

## Секция 3. Исследования Земли из космоса

член-корр. Черепенин В.А.

## Секция 4. Солнечная система

академик Зеленый Л.М.



## Секция 5. Внеатмосферная астрономия

член-корр. Шустов Б.М.

## Секция 6. Физика космических лучей

д.ф.-м.н. Панасюк М.И.

## Секция 7. Технические исследования и эксперименты

член-корр. Соловьев В.А.

## Секция 8. Комплексные исследования и эксперименты

к.т.н. Головки А.В.

## Секция 9. Космические энергосистемы и двигательные установки

академик Коротеев А.С.

## Секция 10. Космическое образование

член-корр. Алифанов О.М.

Формирование и корректировка программ осуществляется секциями КНТС Роскосмоса и Совета РАН по космосу



## Схема процесса планирования НПИ

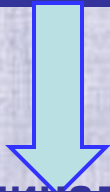
Долгосрочная программа космических исследований  
и экспериментов



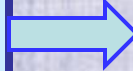
Годовая программа научно-прикладных исследований и  
экспериментов



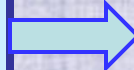
Программа реализации научно-прикладных исследований,  
планируемых в период основных  
пилотируемых экспедиций



Номинальный  
план  
полета  
(НПП в части ПН)  
на две экспедиции  
(6 месяцев)



Общий план  
Сопровождения  
(ОПС в части ПН)  
на 1 неделю



Детальный  
план полета  
(ДПП)  
на 1 сутки

# Формат отображения НПП и ОПС в программе АСП

Автоматизированная система планирования российского сегмента МКС - [2.3.2082.0]

Справочники Вид База данных ПО Заявки ГОГУ Обмен Анализ Проектная группа Справка Выход

Навигатор планов

Поиск по имени и ID:

Дополнительные параметры поиска:

- БИБЛИОТЕКА ФРАГМЕНТОВ ПЛАНОВ И ПЛАНОВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ТИПОВЫЕ ПРОЦЕДУРЫ
- ШАБЛОНЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПЛАНОВ
- Экспл
- Экспл
- Экспл

Просмотр НПП\_31\_32\_R\_FINAL (28.04.2012 - 17.09.2012, ID=8487)

Графическая форма Вид Загрузка Создать отчет Заявки ГОГУ Данные проектн.группы Справка Выход

RUS 25.06.2012 25.06.2012 - 01.07.2012

ПО, размещенные в плане Вид сортировки: <в порядке размещения> По возрастанию

**25 июня 2012 г., Пн**

КИПО	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6	*
ПЗЭ-МО-8	00:05	00:05	00:05	00:05	00:05	00:05	
ПЗЭ-МО-8-УКЛ			00:10				
ПЗЭ-МО-9-ПОДГ			00:15				
ПФП-РМС-КЕНТАВР	00:10				00:10	00:10	
ПФП-КЕНТАВР-29S	00:30				00:30	00:30	
ПФП-ОДНТ-ТР-ПР-ПОМОЩ		00:55					
ПФП-ОДНТ-ТР-ПР	00:55						
МКС-ЭКИПАЖ-ВОЗВРАЩ	01:00						
R-РАО-ТВ-СЕАНС	00:25	00:25	00:25				

**Операции на ТПК, ТК**

T-29S-ИРИДИУМ-ЗАРЯД	00:30						
T-30S-ИРИДИУМ-ЗАРЯД		00:30					
ТПК-29S-РСТ-УКЛ-ПОДГ	03:00						

**Операции с полезной нагрузкой на РС МКС**

РБО-3-2-ИЗМ			01:00				
КПТ-2-ВЫП		02:00	02:00				
КПТ-2-АБ-ЗАРЯД-ОК			00:10				
БТХ-43-ПОДГ-ВЫП			01:20				
БТХ-26-РАЗМ(+4)			00:15				
БТХ-26-ПЕРЕМ			00:30				
БТХ-26-ОТКЛ-УКЛ			00:30				
БТХ-26-ФОТО			00:10				

**Task List**

Текущий расход	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6
	06:15	06:25	06:30	00:05	00:45	00:45
Допустимый расход	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30
Резерв ресурса	00:15	00:05	00:00	06:25	05:45	05:45

**26 июня 2012 г., Вт**

КИПО	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6	*
СВ-ПФ-ТО			01:00				
ПЗЭ-МО-10-ПОДГ	00:05						
ПЗЭ-МО-9	00:15	00:15	00:15		00:15		
ПЗЭ-МО-9-УКЛ			00:10				
ТГК-47P-ССВП-ЗВБ-ТО			00:20				
МКС-ЭКИПАЖ-ВОЗВРАЩ	01:00						
ПЗЭ-РМС-БИ-1		00:15					
ПЗЭ-РМС-КЭ	00:15						

**Операции на ТПК, ТК**

ТПК-29S-СОТР-БВН-ТО	00:20						
ТПК-29S-РСТ-УКЛ-ПОДГ	01:00						
ТПК-29S-ОБОРУД-УКЛ	03:00						
T-29S-УДАЛ-ОБОР-УКЛ		02:30					

**Операции с полезной нагрузкой на РС МКС**

РБО-3-2-ЛЮП-КОН			00:20				
МБИ-29-ИММ-ПОДГ			00:20				
ГФИ-1-АБ-ЗАРЯД			00:10				
ГФИ-1-ВЫП			02:30				
КПТ-2-АБ-ЗАРЯД-НАЧ			00:15				
БТХ-44-ФОТО-СБРОС			01:20				
ТЕХ-38-ВЕНТ-ДМТЖ	01:00						
РС-ПН-РЕЗЕРВ			01:30				

**Task List**

Текущий расход	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6
	06:40	06:30	06:30	00:00	00:15	00:00
Допустимый расход	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30
Резерв ресурса	-00:10	00:00	00:00		06:15	

**27 июня 2012 г., Ср**

КИПО	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6	*
СОГС-ГА-ИКО501-ТО		00:30					
ПЗЭ-ФУ-РМС	00:10	00:10	00:10				
МКС-ЭКИПАЖ-ВОЗВРАЩ	01:00						
РС-СИСТ-РЕЗЕРВ	01:00						

**Операции на ТПК, ТК**

ТР-29S-СПУСК	03:00				03:00	03:00	
T-29S-СУДН-ТЕСТ-РСТ	01:00				01:00		

**Операции с полезной нагрузкой на РС МКС**

МБИ-21-БИ-2-ВЫП			01:05				
МБИ-21-ФОТО			00:10				
МБИ-29-ИММ-ВЫП			01:25				
МБИ-29-ИММ-ПОМ			00:40				
МБИ-29-ИММ-ПОДГ			00:20				
КПТ-2-ВЫП		02:00	02:00				
КПТ-2-АБ-ЗАРЯД-ОК		00:10					
БТХ-35-ЗАКЛ			00:20				
БТХ-35-ВЫКЛ			00:05				
БТХ-35-ФОТО			00:15				
БТХ-35-ПОДГ-НАЧ1		00:50					

**Task List**

Текущий расход	КЭ	БИ-1	БИ-2	БИ-3	БИ-5	БИ-6
	06:35	06:30	06:15	01:00	04:10	03:00
Допустимый расход	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30	06:30
Резерв ресурса	-00:05	00:00	00:15	05:30	02:20	03:30

Конфликты:

Временные связи: Нет временных



# Формат отображения ДПП

лева				КПС-П-Н35 КПС-П-Н26		КПС-П-Н35 КПС-П-Н26 КПС-П-Н33	УИД(33) Ш 173:58-14:08 (52,45) / С УСК(35) Ш 14:02-14:12 (20,41) / С / "компл." рез. ППК(26) Ш 14:06-14:16 (35,96) / С	УИД(33) Ш 175:34-15:45 (88 УСК(35) Ш 15:33-15:49 ППК(26) Ш 15:42-15:51	
цена=30,31	883(12) (30,03слева)		884(13) (29,74слева)		885(14) (29,46слева)		886(15) (29,18слева)	887(16) (28,90слева)	
рбиты	09:34 09:27	10:07 10:14	11:06 11:00	11:40 11:46	12:38 12:32	13:12 13:18	14:11 14:05	14:45 14:51	15:43 15:37
режимы	<p>ориент. на гидр. АС ) AC-Momentum management</p> <p>ОСКТ R1 <math>\diamond</math> ОСК+R(X:св по Rv, +Y св по НП) <math>\diamond</math> ОСКТ R2 <math>\diamond</math> ОСК+R(X в ст. НП, +Y в ст. Rv) (режим управления ориент.)</p> <p>СЗП: CM - 143 ач СЗП(деж): CM - 152 ач</p> <p>Корр. БИНС (БОК3) однокр. СЗП(деж): CM - 150 ач Перед. упр. от АС к РС (МСП 2.502)</p> <p>УБТ F8_2 - ОСК+R2 УБТ F1_62 - Однокр.кorr.БИНС УБТ F4_PT info=26,146 УБТ F43_235 с параметрами: Прим.3 УБТ F1_127(500 такт)-задерж.перех. в акт. реж.(100 сек.) УБТ F19_0 Прим.11 УБТ МИМ2 F4_S УБТ МИМ2 F4_RT(т/о)</p> <p>Т.Н.Т-5мин. Выставка СБ ATV ТМ-массивов Расстыковка ТКГ (СО1) Выставка СБ ATV в реж. слеж за Momentum management Передача управления от РС к АС</p> <p>4СРК Прим.16 БСР-ТМ.Сброс файлов Прим.17 4СРК Прим.13 БСР-ТМ.Сброс файлов 4СРК Прим.13 БСР-ТМ.Сброс файлов</p>								
систем	<p>зрешена. Таблица приор. коррекции БИНС (БОК3, ИКВ и СД, Амер.пар., МГ). Запущены датчики (ИКВ1, ИКВ2, БОК31)</p> <p>Прим.1 T1.1= Режим операций РС в ближней зоне Прим.3 T2.1=0 БПП2 Режим ВУ: Стандартный. Коррекция БИНС разрешена</p>								
сти TDRS	<p>ATV в режиме DURMANI</p> <p>12:40 - 15:00 ATV в режиме DURMANI TMI"Contingency"</p>								
БИТС 2-12	<p>Зап 1-А Воб (СПП) ↓ PCC НЛ-А 33,35 ↓ PCC НЛ-А 33,35 ↓ PCC НЛ-А 33,35 ↓ PCC НЛ-А 33,35</p> <p>Зап 8-А от пр</p> <p>Зап 8-В Пр.2 для СО1 ↓ СПП ↓ ПР.Б8 ↓ PCC НЛ-Б 27,33,35 ПР.Б2 ↓ PCC НЛ-Б 33,35</p>								
РТУ-А	<p>СПП ↓ ГПВУ НЛ-В 84,35 ↓ ГПВУ НЛ-В 84,35 ↓ ГПВУ НЛ-В 84,35</p>								
РТУ-Б	<p>↓ ГПВУ НЛ-В 85,35 ↓ ГПВУ НЛ-В 85,35 ↓ ГПВУ НЛ-В 85,35</p>								
ТКГ	<p>НП-ТКГ 35,26 НП-ТКГ 33,35,26 НП-ТКГ 33,35,26</p>								
ТВ	<p>ФГБ ДД рез 35 ФГБ ДД рез 35 ФГБ ДД рез 35</p>								
РКО	<p>РКО ТКГ 35,26 РКО ТКГ 33,35,26 РКО ТКГ 33,35,26</p>								
ТЛФ	<p>рес. 26 рес. 26 топ S-band рес. 26 топ S-band рес. 27 рес. 27</p>								
кое время (ДМВ)	<p>09:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00</p>								
ремя (GMT)	<p>06:00 07:00 08:00 09:00 10:00 11:00 12:00 13:00</p>								
КЗ	<p>ВТР ТРАПЕТ ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ДРС ИСС-НАН РАДИОСРД USOS-3 SHUTTER-ЭПП ATV-CARGO-ОПЕР ATV-CARGO-ОПЕР-ТУ WPA-WW-TNK-ОПЕР СБ-АИМ-GUIDE</p>								
БИ-1	<p>Прим.101 ВТР ТРАПЕТ ЗАВТРАК ДРС ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Трансверсия на ТОР9. Переговоры с инструкторами ОБТ-ТКГ-ТОР9-ТР Физическое управление (Т2)</p>								
БИ-2	<p>Прим.110 МЕН-29-ОБРАТ-1 Прим.111 МЕН-29-ОБРАТ-1 Прим.112 МЕН-29-ОБРАТ-1 МЕН-29-ПЕРД-HELFI МЕН-29-ЭКП ВТР ТРАПЕТ ЗАВТРАК ДРС ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ПИЕННОКАРД. Проверка электропитания МЕН-21-БИ-2-ВЫП Физическое управление (Т15) на протяжении 3 мин Физическое управление (Т15) на протяжении 3 мин СОВП-СВ-РПК-010 Физическое управление (Т15) на протяжении 3 мин Физическое управление (Т15) на протяжении 3 мин CREW-DEPARTURE-ПОД Подготовка для взлета</p>								
БИ-4	<p>ВТР ТРАПЕТ ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ДРС ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Трансверсия на ТОР9. Переговоры с инструкторами ДРС-КВА-СО1-ТКГ-3АК Физическое управление (Т15) на протяжении 3 мин</p>								
БИ-5	<p>ПРОК-УРН-4-TEST_FES Прим.115 РЕАКЦИОН-СЛГ-ТЕСТ Прим.116 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ДРС ДРС CARD-PFS-ЭКП Прим.118 CARD-RC-УП-ТАНОВКА Прим.119 CARD-RC-УП-ТАНОВКА Прим.120 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.121 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.122 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.123 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.124 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.125 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.126 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.127 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.128 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.129 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.130 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.131 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ Прим.132 ЗАВТРАК ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ</p>								
БИ-6	<p>ВТР ТРАПЕТ ЗАВТРАК ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ДРС ATV-CARGO-ОПЕР Перенос оборудования из ATV3 ROBOHAUT-APS-REV2 Прим.133 ROBOHAUT-APS-REV2 Прим.134 ROBOHAUT-MPC-SU Прим.135 ROBOHAUT-MPC-SU Прим.136 ROBOHAUT-SYS-FU Прим.137 ROBOHAUT-SYS-FU Прим.137 ROBOHAUT-MAIST-OK AR-NODE-FILTER-ОЧАСТ Физическое управление (ARED)</p>								

# ОБЩАЯ СХЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ НПИ







## Способы передачи результатов космических экспериментов



Видео



Возвращение на  
"Союзе"



Звук



Файлы



Телеметрия



# Получение результатов космического эксперимента

