



РОСКОСМОС

РАЗВИТИЕ ПИЛОТИРУЕМОЙ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Генеральный конструктор по пилотируемым
космическим системам и комплексам,

академик РАН

В.А. Соловьёв



г. Снежинск
Май 2023



ХРОНОЛОГИЯ ОСОБСТВЕННЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ С 1961 Г.

1 период



Накопление знаний, создание технологий
пилотируемых полетов

2 период

Совершенствование технологий,
формирование направлений научных
исследований

3 период

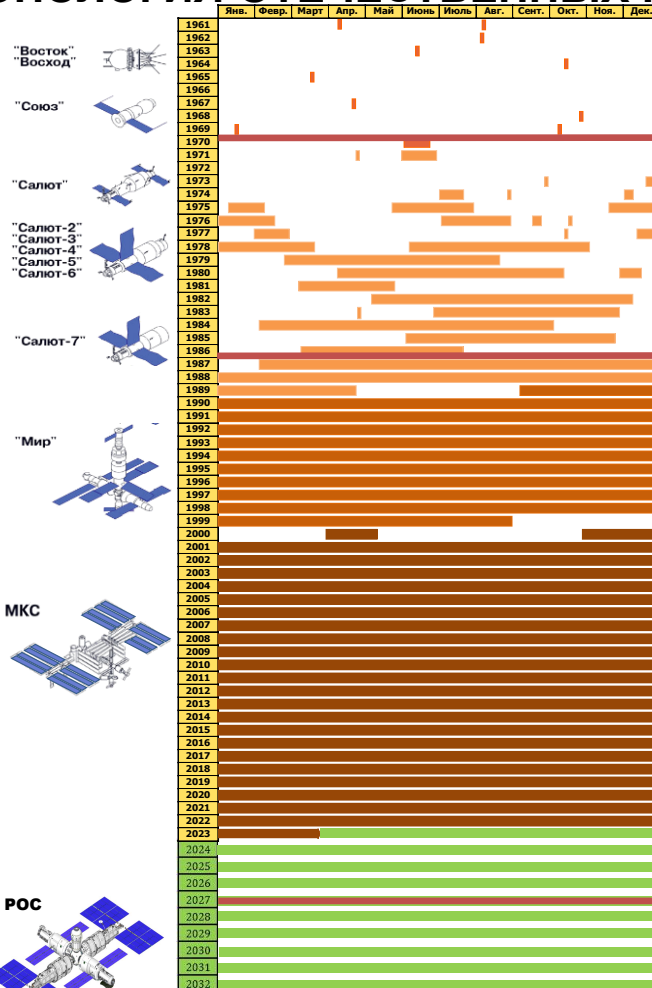
Проведение научных исследований,
переход к практическому использованию
околосемного пространства

4 период

Освоение полярных орбит в интересах практического
исследования высокоширотных районов Земли

Начало
пилотируемого
полета
Международной
космической
станции
с 02.11.2000

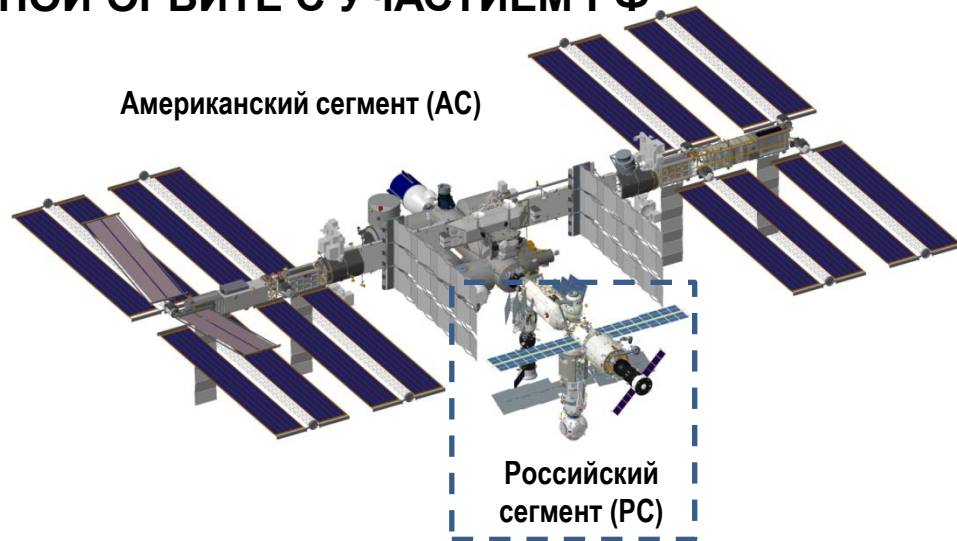
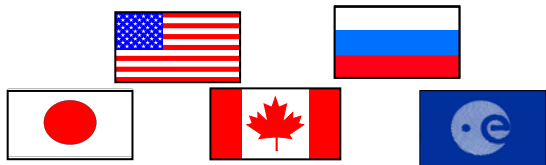
2027 год – начало
развертывания
Российской
орбитальной
станции



...

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩИЙ ПИЛОТИРУЕМЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА НИЗКОЙ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ С УЧАСТИЕМ РФ

- Участники проекта: 15 стран
- Начало развертывания: 1998 год
- На борту работает основная экспедиция №69



Характеристика

Характеристика	РС МКС	АС МКС
Масса (без учета кораблей), т	60	360
Объемы гермоотсеков, м ³	208	673
Объемы для целевого оборудования, м ³	9,2	58
Среднегодовая генерируемая электроэнергия, кВт	0,5	до 80
Экипаж, чел	2-3	до 8 временно

РОССИЙСКИЙ СЕГМЕНТ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Функциональный грузовой блок «Заря» (ФГБ)

(интегрированный в РС МКС модуль НАСА)

Запуск – 20.11.1998

Назначенный срок службы - **до 20.11.2013**

Малый исследовательский модуль №2 «Поиск» (МИМ2)

Запущен – 10.11.2009

Назначенный срок службы -

до 31.07.2016



Служебный модуль «Звезда» (СМ)

Запущен – 12.07.2000

Назначенный срок службы - **до 01.08.2013**

Малый исследовательский модуль №1 «Рассвет» (МИМ1)

Запущен – 14.05.2010

Назначенный срок службы - **до 31.08.2021**

Многоцелевой лабораторный модуль «Наука» (МЛМ)

Запущен – 21.07.2021

Назначенный срок службы - **до 31.12.2027**

Узловой модуль «Причал» (УМ)

Запущен в составе ТГКМ «Прогресс М-УМ» – 24.11.2021

Отделение ПАО произведено - 23.12.2021

Назначенный срок службы - **до 11.2031**

Характеристика	Значение
Объемы гермоотсеков, м ³	208*
Объемы для целевого оборудования, м ³	9,2
Электроэнергия для целевого оборудования, кВт	до 3 (от АС МКС)
Количество внешних рабочих мест, оснащенных всеми необходимыми интерфейсами	24
Экипаж, чел	2-3
Кораблей посещения в год (пилотируемых / грузовых)	2 / 3
Космодром	«Байконур»
Наклонение орбиты	51,6°

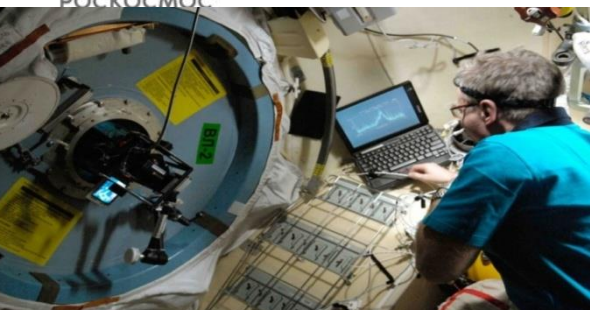
* без учета ФГБ



ТПК «Союз»



ТГК «Прогресс»



Основные преимущества пилотируемых полетов в сравнении с эксплуатацией автоматических КА:

- Человек действует существенно **эффективнее автоматики в сложных (нештатных) ситуациях** и трудно предсказуемых условиях
- Благодаря работе экипажа в полете обеспечивается монтаж, ремонт и **восстановление работоспособности** уникального научного и служебного **оборудования**
- Человек в космосе выступает **в качестве исследователя** и испытателя, обеспечивающего гибкость применения методов исследований, проведения их в интерактивном режиме
- Обеспечивается **возможность уточнения методик** проведения экспериментов и привлечение дополнительных средств непосредственно в ходе космического полета



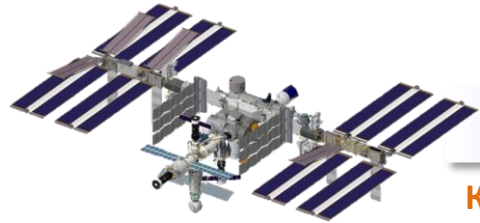
РОСКОСМОС

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОСВАИВАЕМЫЕ НА МКС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В ДАЛЬНЕМ КОСМОСЕ



- Методы обеспечения безопасности космических полетов, повышения надежности и сроков эксплуатации космических аппаратов (средства магнитной радиационной защиты пилотируемых космических аппаратов на основе высокотемпературных сверхпроводников, новые терморегулирующие покрытия)
- Сборка и обслуживание космических аппаратов на орбите
- Методы применения робототехнических и мехатронных систем, а также организации эффективного роботизированного производства в космосе (эксперименты «Теледроид», «Испытатель»)
- Оперативные методы и средства ремонта и восстановления работоспособности КА и их систем на орбите
- Технология запуска малых КА на орбите с использованием транспортно-технической инфраструктуры пилотируемого комплекса (увеличение продолжительности полета МКА с 4-5 мес. до 3 лет)
- Адаптивные средства обеспечения жизнедеятельности экипажа в длительных (в том числе межпланетных) космических полетах (структуры СОТР с тепловыделением более 10 кВт с фазовыми превращениями и насосной подачей теплоносителя, тепловые трубы со сроком службы 30 лет; система обеспечения питанием с использованием 3D-принтера для порошков обезвоженных рационов, и на основе выращивания мяса «клеточным инжинирингом» и со съедобной упаковкой; планетарный скафандр, непылящая паропроницаемая одежда, регенерационные комплексы жизнеобеспечения с системами регенерации воды и кислорода из продуктов жизнедеятельности человека)
- Ключевые элементы будущих космических энергосистем (системы дистанционного энергоснабжения лазерным излучением аппаратов и инфраструктуры на Луне с передаваемыми мощностями до 5 кВт, системы охлаждения ядерных энергоустановок мегаваттного уровня тепловой мощности)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ РФ НА НИЗКОЙ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ



МКС

ТТО МКС



2028 – прекращение программы МКС

Космодром БАЙКОНУР
РКН «Союз-2.1а/Союз МС»
РКН «Союз-2.1а/Прогресс МС»



2027

Развертывание РОС, ТТО РОС

Космодром ВОСТОЧНЫЙ
РКН «Ангара-А5М/модули РОС»
РКН «Ангара-А5М/ПТК»



Космодром БАЙКОНУР
РКН «Союз-2.16/Прогресс РОС»



2031

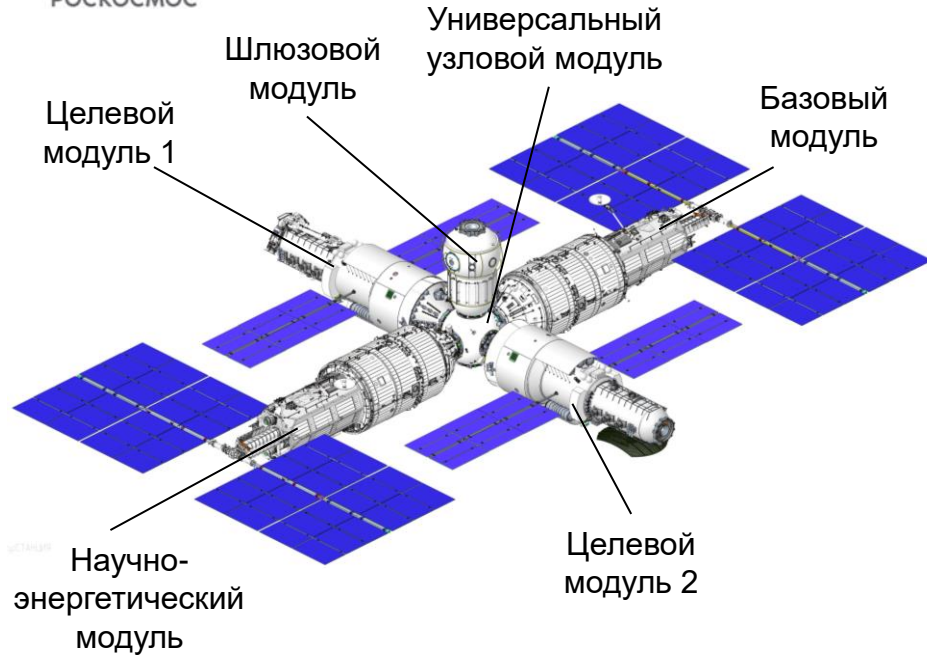
ТТО РОС

Космодром ВОСТОЧНЫЙ
РКН «Союз-2.16/Прогресс РОС»
РКН «Ангара-А5М/ПТК»



РОС

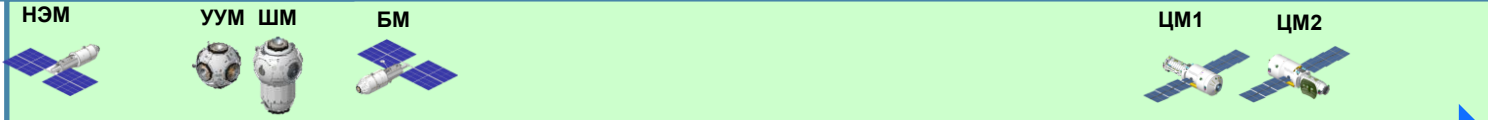
РОССИЙСКАЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ВОЗМОЖНЫЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВЕРТЫВАНИЯ



Характеристика	Значение
Объемы гермоотсеков, м ³	388
Объемы для целевого оборудования, м ³	до 34
Электроэнергия для целевого оборудования, кВт	до 54
Количество внешних рабочих мест, оснащенных всеми необходимыми интерфейсами	38
Хранение топлива, кг	до 9100
Информационный обмен, Мбит/с:	до 300 Мбит/с
Экипаж, чел	2 (4)
Кораблей посещения в год (пилотируемых / грузовых)	1-2 / 2-4
Космодром	«Восточный»
Наклонение орбиты	96,8°

ПРОГРАММА МКС

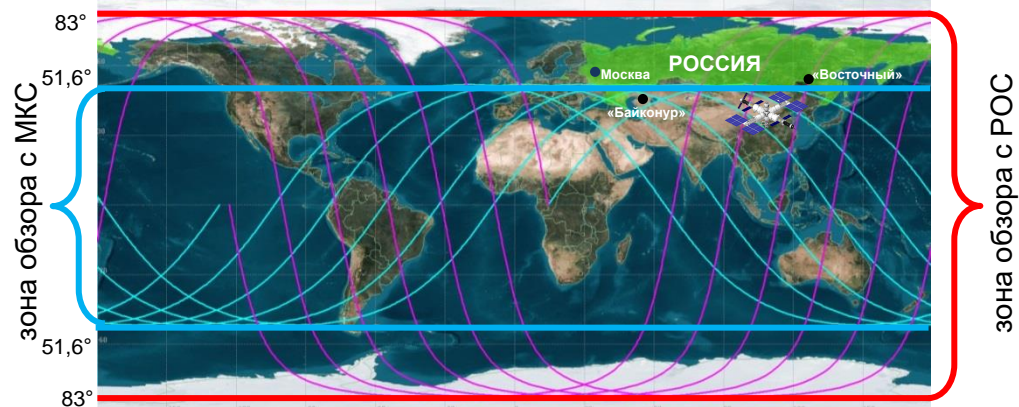
ПРОГРАММА РОС



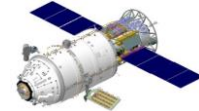
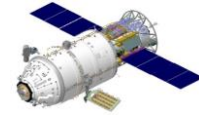
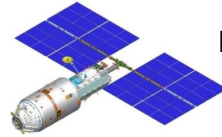
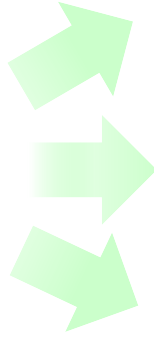
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОРБИТЫ РОС С УЧЕТОМ РЕШЕНИЯ СУВЕРЕННЫХ ЗАДАЧ РФ

Орбита РОС с наклоном $96,8^\circ$ позволяет реализовать все функциональные возможности орбиты с наклоном $51,6^\circ$ (орбита МКС) и дополнительно получить следующие ключевые преимущества:

- возможность полного **обзора всей поверхности Земли** при постоянных условиях освещенности
- **запуск модулей и кораблей с космодромов РФ**
- **посадка** спускаемых аппаратов на **территорию РФ**
- возможность **запуска малых спутников** дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с борта РОС, **управления** ими, а также **взаимодействия с перспективными спутниковыми группировками**, функционирующими на солнечно-синхронных орбитах
- возможность **отработки оборудования и радиационной защиты** в условиях приближенных к дальнему космосу



Линейка «больших модулей»



Линейка «малых модулей»

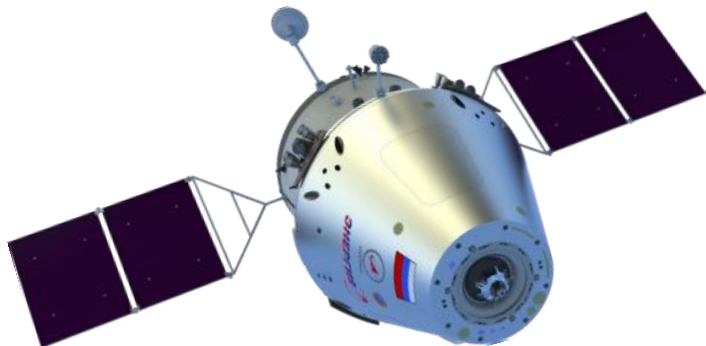


- ❑ Модули выполняют поставленные Заказчиком задачи с возможностью реконфигурации в процессе полета:
 - предоставление электроэнергии
 - предоставление универсальных рабочих мест, как снаружи, так и внутри изделий
 - предоставление широкой номенклатуры информационных, управляющих, силовых интерфейсов для целевой аппаратуры
 - предоставление специализированных каналов связи
 - предоставление рабочих мест для обслуживания КА
 - другие задачи в интересах Заказчика.
- ❑ Модули создаются на базе универсальных платформ, а их конфигурации адаптируются в зависимости от поставленных задач

ПОТРЕБНОСТЬ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРИ СОЗДАНИИ НОВОЙ РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

- Новые конструкционные материалы и технологии их обработки;
- Внедренные, распределенные датчики для диагностирования состояния элементов конструкции и механизмов;
- Робототехнические средства обслуживания станции и научной аппаратуры;
- Перспективные элементы систем жизнеобеспечения;
- Сетевой высокоскоростной интерфейс реального времени;
- Перспективные интерфейсы человек-машина.

ПИЛОТИРУЕМЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРАБЛЬ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



Основные режимы работы

- Выведение/работа средств аварийного спасения в случае аварии на выведении
- Дежурный режим
- Режим сближения и стыковки
- Совместный полёт (в составе орбитальной станции)
- Режим коррекции орбиты
- Спуск и посадка

Масса, кг

Экипаж, чел.

Целевая нагрузка, кг:

Масса доставляемого/возвращаемого груза в ВА, кг

Масса доставляемого груза в ДО, кг, в т.ч.:

- Заправки СЖО (вода) в ДО

- Заправки СЖО (кислород) в ДО

- Заправки КДУ в ДО для станции

Продолжительность полёта в составе орбитальной станции, сут.

Масса топлива в КДУ для корректировки орбиты, кг

Точность посадки, км

Кратность применения

Ракета-носитель

18 000 | 19 500

2÷4

до 905

до 750

155

100

55

-

110 | 110

до 30

1700 | 3200

5

10

«Ангара-А5М»

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРБИТАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МКС И РОС



Характеристика	РС МКС	АС МКС	РОС
Наклонение рабочей орбиты, °		51,6	96,8
Кол-во модулей, шт	5*	11**	6
Масса (без учета кораблей), т	60*	360	125
Объемы гермоотсеков, м ³	208*	673	388
Объемы для целевого оборудования, м ³	9,2	58	34
Количество внешних рабочих мест, оснащенных всеми необходимыми интерфейсами	24	39 (23NASA, 4ESA, 12JAXA) Доставка РМ на ОК «Шаттл»	38
Электроэнергия для целевого оборудования, кВт	до 3 (от АС МКС)	3-12 на каждую стойку внутри 0,5-3 на каждое внешнее РМ	до 54
Экипаж, чел	2-3	до 8 временно	2 (до 6)

* без учета ФГБ ** с учетом ФГБ, без учета интегрированной фермы и гермоадаптеров

Научные задачи

- космическая биология и биотехнологии
- физико-химические процессы и материалы в космосе
- исследования Земли и космоса
- человек в космосе
- образование и популяризация космических исследований
- технологии освоения космического пространства

Ведомственные задачи наблюдения Земли

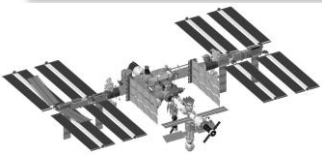
- мониторинг чрезвычайных ситуаций
- космическая ледовая разведка
- мониторинг состояния лесов и земель сельхозназначения
- мониторинг климатообразующих факторов Земли
- наблюдения за водными ресурсами и объектами
- экологический мониторинг
- мониторинг лесных пожаров

Коммерциализация космоса

- испытания и отработка оборудования спутников
- хранение и развёртывание малых спутников
- техническое обслуживание и ремонт спутников
- обработка данных на борту РС
- производственные задачи
- диверсификация технических решений
- космический туризм и медиапроекты

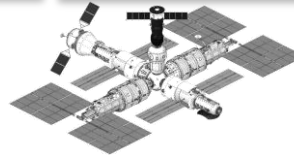
Развитие космической отрасли России

- создание российского пилотируемого космодрома
 - загрузка пусковых услуг ⇒ не менее 35%
 - задел для пилотируемых полетов в дальний космос
 - восстановление и развитие компетенций разработки и производства космических систем и комплексов
- ⇒ 100 тыс. специалистов



РС МКС

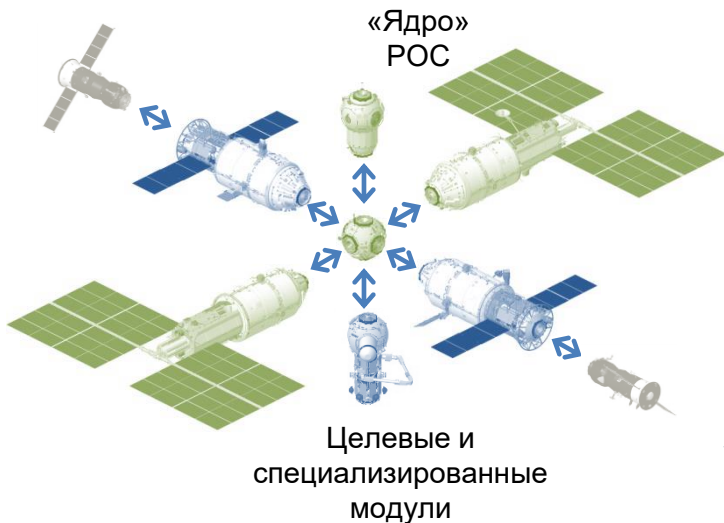
сегодня указанные задачи решает не более, чем на 40%



Российская орбитальная станция должна решать данные задачи в полном объеме

НОВЫЕ КАЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Пилотируемые и грузовые
корабли обслуживания



- ✓ **Открытая модульная архитектура**
 - Собираемость и наращиваемость станции
 - Адаптация станции под разные целевые задачи
 - В отличие от станций прошлого поколения (Салют, Мир, МКС) на РОС предусмотрена возможность сменяемости всех модулей
 - Неограниченный срок службы за счет возможности замены модулей
- ✓ **Большая энергетика для целевых задач**
 - Размещение научной и прикладной аппаратуры высокой мощности, в т.ч. радиолокаторов и антенных систем большой мощности
- ✓ **Унификация модулей РОС**
 - Экономия на разработку, производство, обслуживание и управление
- ✓ **Базовая станция для формирования «роя» управляемых малых автоматических космических аппаратов (КА)**
 - Хранение и оперативное развертывание малых космических аппаратов
- ✓ **Возможность взаимодействия с перспективными спутниковыми группировками**
 - Транспортирование автоматических космических аппаратов на станцию для технического обслуживания, ремонта и дозаправки
 - Передача данных, ретрансляция навигационных сигналов
- ✓ **Режимы функционирования**
 - Беспилотный / посещаемый / постоянно пилотируемый режимы в зависимости от интересов Заказчика

Создаваемые средства

Выбор района строительства лунной базы

Автоматические миссии РФ:

- «Луна-Глоб»
- «Луна-Орбитер»
- «Луна-Ресурс»
- «Луна-Грунт»

Международные автоматические миссии



- дистанционное зондирование
- отработка точной посадки
- исследование образцов грунта
- отработка связи и навигации

Создание пилотируемой транспортной системы

Ракетно-космические средства:

- пилотируемый корабль
- сверхтяжелая РН
- взлетно-посадочный корабль
- грузовой посадочный корабль

Наземная космическая инфраструктура



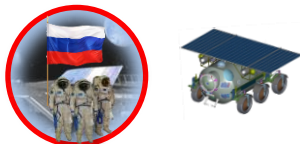
- завершение отработки корабля
- создание сверхтяжелых средств выведения и орбитальной транспортировки
- отработка средств посадки на Луну

Подготовка к развертыванию Лунной базы

Модули лунной базы

Пилотируемый луноход

Первая высадка



- начало пилотируемых экспедиций
- закрепление приоритета
- геологические исследования
- разработка элементов лунной базы

Строительство Лунной базы, научная программа

Оборудование для бурения и экскавации

Экспериментальные добывающие и производственные комплексы

Астрофизическая обсерватория



- добыча и использование воды и кислорода
- астрофизические и медико-биологические исследования
- отработка технологий производства из местных ресурсов

Использование ресурсов Луны для освоения космического пространства

Комплексы производства и хранения компонентов топлива

Средства орбитальной сборки и дозаправки

Комплекс добычи редких ресурсов



- повышение автономности лунной базы
- поддержка экспедиций в дальний космос
- расширение научной программы
- добыча редких ресурсов

до 2030

2031-2040

2041-2050

>2050

Решаемые задачи

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Российская Федерация

Создание лунного пилотируемого
транспортного корабля и лунного
взлетно-посадочного корабля



Создание межорбитального
буксира и разгонного блока



Создание ракеты-носителя
сверхтяжелого класса



Создание Лунной базы



КНР

Создание лунного пилотируемого
транспортного корабля и лунного
взлетно-посадочного корабля



Создание межорбитального буксира
и разгонного блока



Создание ракеты-носителя
сверхтяжелого класса



Создание Лунной базы



Направления развития технических средств освоения Луны в РФ и КНР идентичны по своему составу

- В силу своего географического положения Россия обречена быть космической державой;
- Необходимо сохранение Российской низкоорбитальной пилотируемой инфраструктуры, особо актуальны орбиты с большим углом наклона;
- Постоянное пребывание человека на орбите высокзатратно, необходимо продумывать новую философию пилотируемых полетов, позволяющую реализовывать систему посещаемых станций без уменьшения эффективности проводимых на орбите целевых работ;
- Пилотируемое освоение Луны необходимо начинать, предварительно осознав, что мы хотим сделать на Луне;
- Принимая во внимание крайне высокую затратность лунных пилотируемых полетов, необходимо добиваться максимально широкого международного сотрудничества.

В рамках возможностей предоставляемых новой российской орбитальной станцией РОС Госкорпорация «Росатом» выразила заинтересованность в сотрудничестве по следующим направлениям:

- Дистанционное зондирование земной поверхности в рамках обеспечения функционирования Северного морского пути (комплексное управление безопасностью, планирование и диспетчеризации судоходства, прогнозирование ледовой обстановки);
- Оснащение РОС оптико-электронной аппаратурой (не требующей разворота станции) для мониторинга районов чрезвычайных ситуаций, погоды, ледовой разведки, картографирования в видимом и инфракрасном диапазоне);
- Проведение прикладных научных исследований на РОС по апробации новых разработок (автономные источники питания, плазменные и ионные двигатели, зеркала телескопов и размеростабильные конструкции);
- Проведение фундаментальных космических исследований на РОС (исследование поведения сверхпроводников в открытом космосе, исследования по созданию перспективных электрических ракетных двигателей и энергоисточников);
- Разработка аппаратуры и отработка технологии астронавигации КА по рентгеновским пульсарам;
- Оснащение РОС оптико-электронной аппаратурой для передачи энергии на большие расстояния;
- Оснащение РОС аппаратурой высокоскоростной лазерной связью с КА со скоростью 100 Гбит/с;
- Оснащение РОС высокоскоростной лазерной связью с квантовым шифрованием.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

ТЕКУЩИЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА МКС ПО РОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЕ

- ❑ Сбор и анализ данных по механизмам адаптации организма человека к условиям КП, определению допустимых пределов развития адаптационных перестроек, в рамках которых произошедшие изменения в организме поддаются корректировке, обратимы и безопасны («Альгометрия», «Вектор-МБИ», «Нейроиммунитет», «ОМИКи-СПК»)
- ❑ Оценка эффективности разных режимов физических упражнений, сохраняющих приспособительные возможности организма, а также физиологическая, электромиографическая и биоэнергетическая «стоимость» физической нагрузки применительно к сверхдлительным межпланетным полетам («Профилактика-2»)
- ❑ Разработка и совершенствование средств и методов оценки и поддержания профессиональной надежности космонавта при выполнении значимой операторской деятельности («Пилот-Т»)
- ❑ Выявление основных физиологических систем – мишеней, наиболее подверженных неблагоприятному влиянию невесомости и других факторов полета: сердечно-сосудистая система и система кровообращения («Кардиовектор», «Эндотелий»), костная ткань – нарушения минерального обмена («Коррекция»), пищеварительная система – исследование специфики изменений впервые с применением метода УЗИ («Спланх»), взаимодействие афферентных систем («Виртуал» этап 2), состояние генетического аппарата и выживаемость высушенных лимфоцитов и клеток костного мозга («Феникс» этап 2), вестибулярный аппарат («ГВС-1»)
- ❑ Накопление и анализ данных по пространственному распределению поглощенной дозы радиации в гермоотсеках станции, что позволяет прогнозировать дозовые характеристики, совершенствовать методы космической дозиметрии и оценивать эффективность радиационной безопасности («Матрешка-Р»)
- ❑ Создание новой неинвазивной технологии контроля состояния вентиляторной функции легких («Форсированный выдох»)

Воздействие факторов космического пространства (ФКП) и космического полета (КП) на различные биообъекты

- Исследование пределов выживания в открытом космосе покоящихся форм живых организмов («Биориск»), влияния эффекта экранирования магнитного поля Земли на свойства микроорганизмов («Биомаг-М»)
- Исследование механизмов адаптации к условиям КП и эффектов мутации на модельных биообъектах («Рефлекс», «Цитомеханариум», «Фаген», «Мутагенез», «Перепел»)

Особенности культивирования, роста и развития в условиях КП различных биосистем от клеток до высших растений

- Исследование процессов культивирования клеток различных видов, в том числе стволовых («Каскад», «МСК-2»), методов борьбы с патогенными биопленками («Биопленка»)
- Исследование технологии выращивания и физиологии тканеинженерных конструкций («Магнитная фабрикация»)
- Исследование процессов культивирования микроводорослей для последующего конструирования прототипа биотехнологического модуля системы жизнеобеспечения («Фотобиореактор»)

Отработка в условиях КП методов и аппаратуры в области биотехнологии

- Обеспечение асептических условий проведения биотехнологических экспериментов («Асептик»)
- Выращивание высококачественных кристаллов белков для конструирования нового поколения антимикробных лекарственных препаратов и компонентов вакцин («Структура»)

- ❑ Получение экспериментальных данных для создания новых конструкционных материалов для аэрокосмической отрасли («Перитектика», «Кинетика-1», «Реал», «Тантал»)
- ❑ Изучение процесса кристаллизации белков и получение биокристаллов нужных размеров с совершенной внутренней структурой для проведения рентгеноструктурного анализа («Кристаллизатор»)
- ❑ Получение новых фундаментальных знаний в области физики пылевой плазмы («Плазменный кристалл»)
- ❑ Получение данных об особенностях фазовых переходов плавления – кристаллизации низкотемпературных эвтектических сплавов на основе галлия (а в перспективе – и индия) с целью установления новых эвтектических реперных точек температуры плавления для полетной калибровки спутниковых радиометров («Репер-Калибр»)
- ❑ Пределы распространения и затухания пламени твердых горючих материалов («ДЖЕЛ»)
- ❑ Получение кристаллов с высокой степенью однородности свойств («Вампир»), выращивание кристаллов фуллеритов («Фуллерен»), Разработка методов получения монокристаллов полупроводников с высокими микро- и макрооднородностью структуры и свойств («Мираж»)
- ❑ Разработка экономически выгодной технологии производства полупроводниковых тонкопленочных материалов с уникальными электрофизическими и оптическими свойствами, не достижимыми при синтезе в наземных условиях («Экран-М»)

Исследования Земли из космоса

Руководитель секции КНТС Роскосмоса д.т.н. Лупян Е.А
Всего 7 экспериментов

- ❑ Данные о волновых возмущениях атмосферы, порожденных мощными техногенными источниками (взрывы, пожары, запуски изделий РКТ) и естественными источниками катастрофического характера (землетрясение, цунами, торнадо, тайфуны, грозы) (**«Терминатор»**)
- ❑ Отработка методов измерения, регистрации, передачи, приема больших потоков информации и тематической обработки изображений для космического экологического мониторинга (**«Дубрава»**, **«Сценарий»**, **«Ураган»**)
- ❑ Измерения спектров поглощения земной атмосферы в ближнем ИК диапазоне и восстановление концентраций парниковых газов (**«Дриада»**)
- ❑ Получение карт скорости и направления ветра с пространственным разрешением 25 км, картирование и оценка состояния льдов, снежного покрова и гидрологического состояния суши (**«Скаттерометр-L»**)

Солнечная система

Руководитель секции КНТС Роскосмоса чл.-корр. РАН Петрукович А.А
Всего 2 эксперимента

- ❑ Отработка методов измерений терагерцового излучения Солнца и других астрофизических объектов на РС МКС для дальнейшего проектирования аппаратуры при исследованиях на специализированных автоматических космических аппаратах («Солнце-Терагерц»)
- ❑ Получение сведений о волновых характеристиках ионных антенн различной конфигурации (кольцевых, спиральных, тросовых) и данных по динамике мощного ионного пучка в ионосфере Земли («Импульс (2 этап)»)

Внеатмосферная астрономия

Руководитель секции КНТС Роскосмоса чл.-корр. РАН Шустов Б.М.
Всего 1 эксперимент

- ❑ Исследование ярких вспыхивающих и переменных источников, мониторинг гамма-всплесков и центра Галактики («МВН»)

Физика космических лучей

Руководитель секции КНТС Роскосмоса д.ф.-м.н. Боос Э.Э.
Всего 3 эксперимента

- ❑ Создание физической модели генерации заряженных и нейтральных частиц во время солнечных вспышек, физической модели альbedo нейтронов атмосферы Земли, инженерной модели радиационного фона нейтронов в окрестностях и внутри МКС, разработка практических рекомендаций по созданию радиационных убежищ («БТН-Нейтрон»«БТН-Нейтрон-2»)
- ❑ Мониторинг глобальных физических явлений естественного и техногенного характера, геофизической обстановки в атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве («УФ атмосфера»)

- ❑ Изучение влияния факторов космического пространства и условий полета МКС на деформационные, прочностные и усталостные характеристики материалов и узлов для уточненной оценки ресурсной прочности силовых элементов для корпусов модулей РС МКС («Выносливость»), изучение развития микродеструкции гермокорпусов модулей РС МКС («Тест»), исследование процессов биодеградации конструкционных материалов («Биодеградация»), распределение загрязняющих фракций вблизи сопел двигателей ориентации для разработки рекомендаций по введению защитных устройств («ИМПАКТ»)
- ❑ Создание новых материалов для космической техники, необходимых для надежной эксплуатации ОС и для защиты космонавтов - полимерных материалов, стойких к биокоррозии («Биополимер»), радиационно-защитного полимерного композита («Защитный композит»)
- ❑ Изучение условий полета и режимов работы служебного и научного оборудования, а также параметров МКС как техногенной среды проведения исследований («Идентификация», «Среда МКС»)
- ❑ Отработка применения технологий аддитивного производства изделий в условиях космоса («3D-печать»)
- ❑ Отработка в условиях микрогравитации системы регенерации воды из урины, обеспечиваемой с использованием метода вакуумной дистилляции и применением центробежного многоступенчатого дистиллятора с рекуперацией теплоты конденсации для испарения, с целью совершенствования системы обеспечения жизнедеятельности РС МКС («Сепарация»)
- ❑ Отработка технологий телеуправления копирующим антропоморфным роботом («Теледроид»)

- ❑ Наглядная демонстрация и цифровая видеoinформация о процессах фазового распада и расслоения в системах полимер–растворитель (**«Дисперсия»**)

- ❑ Фотосъемка с борта МКС участков поверхности Земли с высоким разрешением по запросам учащихся образовательных учреждений (**Совместный с НАСА эксперимент «EarthKAM»**)

- ❑ Предоставление учащимся и студентам возможности овладения технологией управления КА, методами обработки данных, в том числе методами распознавания и привязки снимков с использованием современных программных средств, карт и атласов (**«Интер-МАИ-75»**), развёртывания двухлопастной бескаркасной тонкоплёночной конструкции в поле центробежных сил с борта сверхмалого космического аппарата (**«Парус-МГТУ»**)

- ❑ Открытая передача с борта РС МКС по радиоловительскому каналу связи на наземные приёмные станции радиоловителей всего мира цифровых фотоматериалов, посвящённых жизни и деятельности первого космонавта Ю.А. Гагарина (**«О Гагарине из космоса»**)

- ❑ Отработка методов сборки на борту и запуска микроспутников, способов создания молодежных научно-исследовательских аппаратов, не требующих больших материальных затрат, с использованием утилизируемых компонентов, отработка технических решений для получения радиосигнала с хаотично вращающегося объекта (**«РадиоСкаф»**)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА БОРТУ РС МКС ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИССЛЕДОВАНИЙ



РОСКОСМОС

Человек в Космосе

36 экспериментов завершены

- ❑ Получены новые знания о функционировании **кардио-респираторной системы человека** в космосе для выявления дозологических и преморбидных состояний (Эксперименты «Кардио-ОДНТ», «Пulsь», «Дыхание», «Пневмокард», «Сонокард»)
- ❑ Впервые в условиях невесомости проведены **импедансометрические исследования** и подтверждена возможность автоматического измерения основных жидкостных объемов организма космонавта в реальном масштабе времени (Эксперименты «Спрут-МБИ», «Спрут-2»)
- ❑ Изучены процессы адаптации и эффективность разных **режимов физических упражнений**, сохраняющих приспособительные возможности организма в условиях невесомости, с помощью тестов, основанных на применении современных измерительных технологий (Эксперименты «Виток-2», «Профилактика»)
- ❑ Выполнены оценки по **надежности профессиональной деятельности** космонавта и анализ межличностного взаимодействия экипажа в условиях длительного космического полета (Эксперименты «Пилот», «Типология», «Взаимодействие»)
- ❑ Выполнены **метаболические, гематологические, биохимические, иммунологические** исследования с целью изучения влияния условий космического полета на различные системы организма человека; впервые проведена оценка **количественного состава микрофлоры** космонавтов для контроля их микробиологического и инфекционного статуса (Эксперименты «Биотест», «Гематология», «Диурез», «Иммуно», «Межклеточное взаимодействие», «Пародонт», «Фарма», «Хроматомасс-спектр М»)
- ❑ Накоплены данные по **пространственному распределению поглощенной дозы** в отсеках РС МКС, что позволяет делать краткосрочный прогноз дозовых характеристик в гермоотсеках и на внешней поверхности станции (Эксперименты «Брадоз», «Прогноз»)

ЭНЕРГИЯ





РОСКОСМОС

Космическая биология и биотехнология

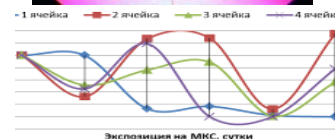
32 эксперимента завершены

□ Выделены в космосе и изучены **новые высокоактивные штаммы** бактерий-продуцентов препарата для биодegradации нефти и нефтепродуктов и продуцентов средств защиты растений; пенылы «Биоэкология» многократно использовались для экспонирования штаммов-продуцентов с целью улучшения их показателей (Эксперименты «Биоэкология», «Антиген», «Астровакцина», «АРИЛ», «Биотрек», «БИФ», «Женьшень-2», «ОЧБ», «Лактолен»)

□ Проведено выращивание с помощью кристаллизатора «Луч-2» **высококачественных кристаллов ряда белков для конструирования** нового поколения антимикробных лекарственных препаратов и компонентов вакцин, в т.ч. против гепатита В и СПИДа (Эксперименты «Вакцина-К», «Гликопротеид», «Интерлейкин-К», «КАФ», «Миметик-К»)

□ Изучено **влияния факторов космического полета на активность ферментов** с целью определения константы Михаэлиса, которая служит интегральным показателем, характеризующим структуру и свойства фермента, а также количественной характеристикой ферментативных реакций (Эксперимент «Константа»)

□ Проведено исследование новых технологических возможностей получения в условиях микрогравитации **пористой структуры с высокой степенью однородности пространственного распределения и размеров рабочих пор**, на основе осуществления конвекционно-невозмущенного процесса фазовых превращений в растворе полимера (Эксперимент «Мембрана»)



Космическая биология и биотехнология

Всего 57 экспериментов, из которых 29 завершены

□ Проведена оценка **характера и динамики новообразования и роста статоконий** у улиток под воздействием невесомости, а также **структурного и функционального восстановления** поврежденных органов и тканей путем изучения регенерации целого организма из его частей у планарий; исследовано влияние невесомости на **частоту переноса и мобилизацию плазмид** у бактерий (Эксперименты «Статокония», «Регенерация», «Плазида»)

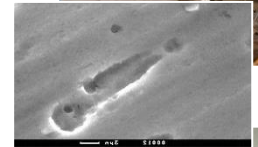
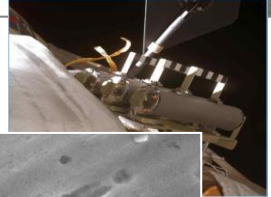
□ Доказано, что **растения могут** длительное время, сопоставимое с длительностью марсианской экспедиции, **выращиваться в условиях космического полета** без потери репродуктивных функций и **формировать жизнеспособные семена** (Эксперимент «Растения»)

□ 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** (Эксперимент «Биориск»)

□ Исследованы процессы **биodeградации конструкционных материалов** из-за колонизации микроорганизмами поверхностей **в условиях замкнутой среды обитания** экипажа МКС (Эксперимент «Биodeградация»)

□ Выявлены возможные **причины нарушения гомеостаза кальция** в организме, проявляющееся в деминерализации костной ткани (Эксперимент «Кальций»)

□ Успешно проведены летные испытания магнитного 3D-биопринтера, позволяющего **на новом технологическом уровне** изучать **физиологию тканеинженерных конструкций** в условиях микрогравитации (Эксперимент «Магнитный 3D-биопринтер»)





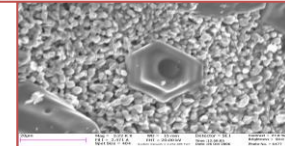
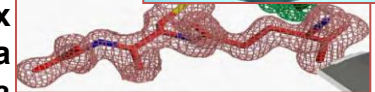
РОСКОСМОС

Физико-химические процессы и материалы в космосе

10 экспериментов завершены

- ❑ **Разработана технология высокотемпературного синтеза** в целях создания новых высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов для использования в космической технике (в том числе для строительства планетных баз) (**Эксперимент «СВС»**)
- ❑ В условиях микрогравитации проведена кристаллизация 19 белков (в комплексах). Получены дифракционные наборы для 17 белков и их комплексов. **Проведен рентгеноструктурный анализ кристаллов белков, полученных в условиях микрогравитации**, а также параллельно в земных условиях. Получены и уточнены пространственные структуры ряда белков (**Эксперимент «Кристаллизатор»**)
- ❑ **Проведены исследования поведения жидких кристаллов** в условиях микрогравитации путем наблюдения и анализа смектических островков, образованных за счет слияния жидкокристаллических слоев пленки (**Эксперимент «OASIS»**)
- ❑ Проведен цикл исследований физических свойств плазменных кристаллов и жидкостей (структура, волны, вихри, фазовые переходы). **Получены новые фундаментальные знания по физике пылевой плазмы** для возможности их применения в области нанотехнологий (очистка, осаждение, сепарация), производства новых материалов и покрытий, разработки перспективных лазеров (рабочее тело из аэрозоля радиоактивных частиц), астрофизических исследований (**Эксперимент «Плазменный кристалл»**)
- ❑ Получены знания **о процессах горения в невесомости**, составляющие теоретические основы обеспечения пожаробезопасности космических аппаратов (**«Диффузионное пламя», «Фламенко»**), механизмы образования сажи при диффузионном горении газов (**«s-FLAME», «Адамант»**)

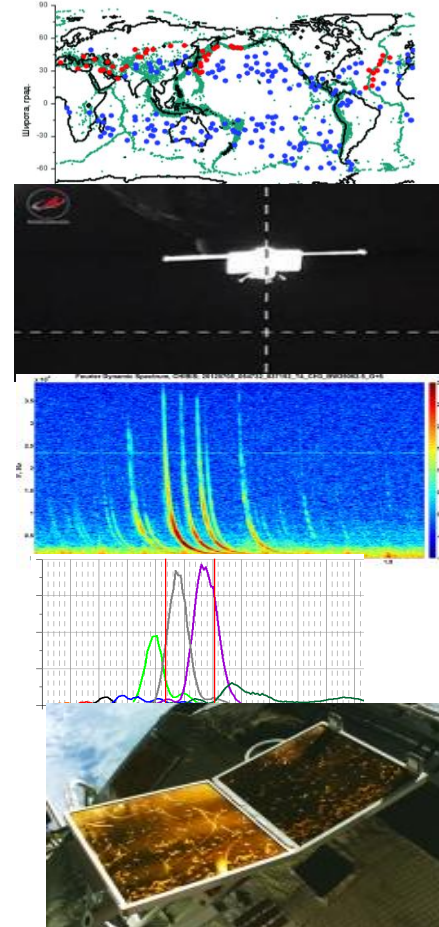
ЭНЕРГИЯ



Исследования Земли и космоса

18 экспериментов завершены

- Проведена оценка прогностических возможностей **всплесков высокоэнергичных заряженных частиц и плазменных резонансов** в околоземном космическом пространстве **в качестве предвестников землетрясений**; показано, что крупномасштабные неоднородности плотности плазмы и ~15% зарегистрированных всплесков частиц могут иметь сейсмическую природу (Эксперименты «Всплеск», «Сейсмопрогноз»)
- Получены новые знания о природе **атмосферных грозовых разрядов**, важные для разработки кинетической теории пробоя на убегающих электронах и понимания других сложных явлений атмосферного электричества (Эксперименты «Микроспутник», «Молния-Гамма», «Молния-СМ», «Волны»)
- Изучено влияние условий космического полета на **плазменную обстановку** и выполнен цикл **плазменно-волновых измерений** вблизи поверхности РС МКС; проанализированы изменения ионосферных неоднородностей, генерируемых работой двигателей ТГК «Прогресс», **отражательных характеристик грузового корабля и ионосферных неоднородностей**, прохождения УКВ сигнала и его искажений (Эксперименты «Обстановка», «Плазма-МКС», «Импульс» (1 этап), «Плазма-Прогресс», «Радар-Прогресс»)
- Проведено изучение элементного состава и детальных энергетических спектров ядер группы железа **галактических космических лучей** и ионов **солнечных космических лучей** в интервале энергий 30-200 МэВ/нуклон в одной из фаз 11-летнего цикла солнечной активности (Эксперимент «Платан»)



Исследования Земли и космоса

18 экспериментов завершены

- ❑ Проведено изучение формы, структуры и морфометрических характеристик **наблюдаемых из космоса цветоконтрастных образований**, связанных с наличием **полей фитопланктона** в промысловых зонах рыболовецких судов; построены сотни карт для анализа температуры поверхности океана – недельных, среднемесячных, карт аномалий и тенденций (КЭ «Сейнер», «Диатомея»)
- ❑ Проведено изучение пространственных вариаций **содержания метана и двуокси углерода** в нижней тропосфере с высоким пространственным разрешением (3 км), необходимое для моделирования процессов изменения климата на Земле; получены уникальные **спектры солнечного излучения** высокого разрешения, измеренные вне земной атмосферы (Эксперимент «Русалка»)
- ❑ Отработаны методы и аппаратура (панорамный радиометр РК-21-8) для дистанционного зондирования Земли в перспективном **дециметровом диапазоне электромагнитных волн**; полученные научные данные используются при создании **карты распределения радиоярких температур** с использованием линейной поляризации принимаемого излучения для дистанционного определения влажности почв, биомассы растительности и солености воды (Эксперимент «СВЧ-радиометрия»)
- ❑ Формирование баз данных фото- и видеоматериалов по **космическому экологическому мониторингу**; получение оперативной информации о различных объектах на территории РФ и зарубежных государств в процессе визуальных наблюдений с борта РС МКС (Эксперименты «Экон», «Экон-М», «Ураган»)





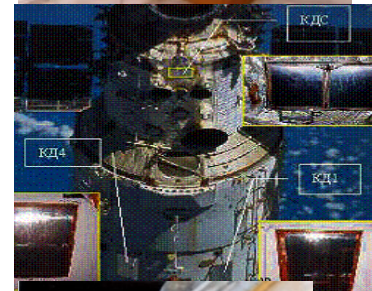
РОСКОСМОС

Технологии освоения космического пространства

Всего 79 экспериментов, из которых 23 завершены

- ❑ **Обеспечена передача по лазерной линии связи научной информации** с борта РС МКС на наземный пункт со скоростью 125 Мбит/с и минимальной ошибкой 2×10^{-8} на бит, тестовой информации – с рекордной скоростью 622 Мбит/с; обеспечена устойчивая связь как в ночных, так и в дневных условиях, при наличии дымки и разорванной облачности для углов места МКС в зоне видимости с наземного пункта до 10° (Эксперимент «СЛС»)
- ❑ По результатам длительных измерений количества ударов микрочастиц в диапазоне размеров от 10 до 100 мкм на орбите МКС и их статистической обработки **уточнена модель, описанная в ГОСТ 25645.128-85 «Вещество метеорное. Модель пространственно-временного распределения»**, что учитывается при расчетах вероятности непробоя защитных экранов для модулей РС МКС и перспективных изделий (Эксперимент «Метеороид»)
- ❑ **Выявлена временная динамика загрязнения** планшетов с образцами и поверхности СМ вблизи блоков двигателей продуктами неполного сгорания топлива и подтверждена эффективность функционирования газодинамических защитных устройств (ГЗУ), предотвращающих загрязнение внешних поверхностей МКС (Эксперимент «Кромка»)
- ❑ С помощью съемной кассеты СКК **проведены испытания нового типа терморегулирующих покрытий** класса "солнечный отражатель" на основе литиевых жидких стекол, что позволит выработать рекомендации по выбору материалов и покрытий, работоспособных и стойких в условиях открытого космического пространства на низких околоземных орбитах (Эксперимент «Эпсилон-НЭП»)

ЭНЕРГИЯ





Технологии освоения космического пространства

31 эксперимент завершен

РОСКОСМОС

- ❑ Разработано и испытано ПМО, обеспечивающее **управление через Интернет Роботоманипулятором на МКС** с автоматизированных рабочих мест, расположенных на Земле и напланетными роботами с борта МКС (**Эксперименты «Контур» и «Контур-2»**)
- ❑ Реализована методика оценки **тензора инерции**, что позволило значительно сократить затраты топлива на поддержание ориентации МКС; разработана **программа для расчета вектора девиации магнитной напряженности**, точность контроля ориентации повышена до 1,5-2°; по данным юстировки звездных датчиков и датчиков угловой скорости МКС были вычислены и практически используются поправки, характеризующие **угловое рассогласование** базисов этих приборов (**КЭ «Тензор», «Искажение», «Привязка», «Дальность»**)
- ❑ Выполнены исследования и даны рекомендации по способам усовершенствования бортовой **системы связи** и уменьшению **уровня шумов** внутри отсеков РС МКС, проведена оценка характеристик **инфразвуковых полей**, эффективности технологий **вентиляции** и очистки воздуха и экологического контроля **проб воды**, накоплены данные по **электромагнитной и радиационной обстановке**, а также о климатических условиях внутри модуля СМ (**КЭ «Акустика-М», «Ветерок», «Инфразвук-М», «Токсичность», «Скорпион», «Эксперт»**)
- ❑ Отработана технология использования **виртуальных руководств** для визуальной интерпретации работы с оборудованием, с возможностью моделирования и имитации технологических процессов, нештатных ситуаций по работе с научной аппаратурой, различных регламентных технических работ (**Эксперимент «ВИРУ»**)
- ❑ Отработана **технология наклеивания** и подтверждена работоспособность **вновь разработанных пленочных терморегулирующих покрытий** в условиях ОКП (**Эксперимент «Реставрация»**)



7 экспериментов завершены

- ❑ **Научно-образовательные** исследования, связанные с основными общеобразовательными дисциплинами: физикой, химией и биологией (Эксперименты «Физика-Образование», «Химия-Образование», «Ряска»)
- ❑ **Демонстрация эффекта памяти формы** для заготовок из поропласта различной формы и размеров, уплотненных на Земле примерно в 10 раз, которые при нагревании до 80 °С на борту РС МКС восстанавливали свои исходные размеры и форму, а после охлаждения – зафиксировали их и восстановили заданную жесткость и прочность (Эксперимент «МАТИ-75»)
- ❑ **Отработана технология передачи на Землю цифровых снимков**, с использованием системы **радиолюбительской связи**. Отработана процедура планирования и координации сеансов по общедоступным каналам связи в интересах образовательных проектов; проведена регистрация изменений конфигурации зоны радиовидимости МКС вдоль трассы полета, а также наличия и характера радиопомех (Эксперименты «МАИ-75», «Тень-Маяк»)
- ❑ Изучены структурные свойства кулоновских кластеров, фазовые переходы кристалл - жидкость, волновые процессы, транспортные явления в кулоновских системах для оценки возможности **бесконтактного удержания различных сред посредством неоднородного магнитного поля** в условиях микрогравитации (Эксперимент «Кулоновский кристалл»)

