

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА БОРТУ КА «БИОН-М» №1 И «ФОТОН-М» №4



Алферов А.В. (Совет РАН по космосу)
Доклад подготовлен на основе
материалов профессора Сычева В.Н. –
научного руководителя проектов
«Бион - М» и «Фотон-М» № 4.
(<http://biosputnik.livejournal.com>)

52-я сессия Научно-технического подкомитета Комитета ООН по использованию
космического пространства в мирных целях (2-13 февраля 2015 г.).

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «БИОН–М» № 1

ГОЛОВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

ПО КА - ОАО «РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС», г. Самара
ПО НАУЧНОЙ АППАРАТУРЕ(НА) – ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОБЛЕМ РАН

Дата старта – 19.04.2013

Космодром Байконур

Дата посадки - 19.05.2013

(в районе г. Оренбурга).

Длительность полета – 30 дней

Параметры орбиты:

Высота до 575 км

Наклонение орбиты – 64,9 град.

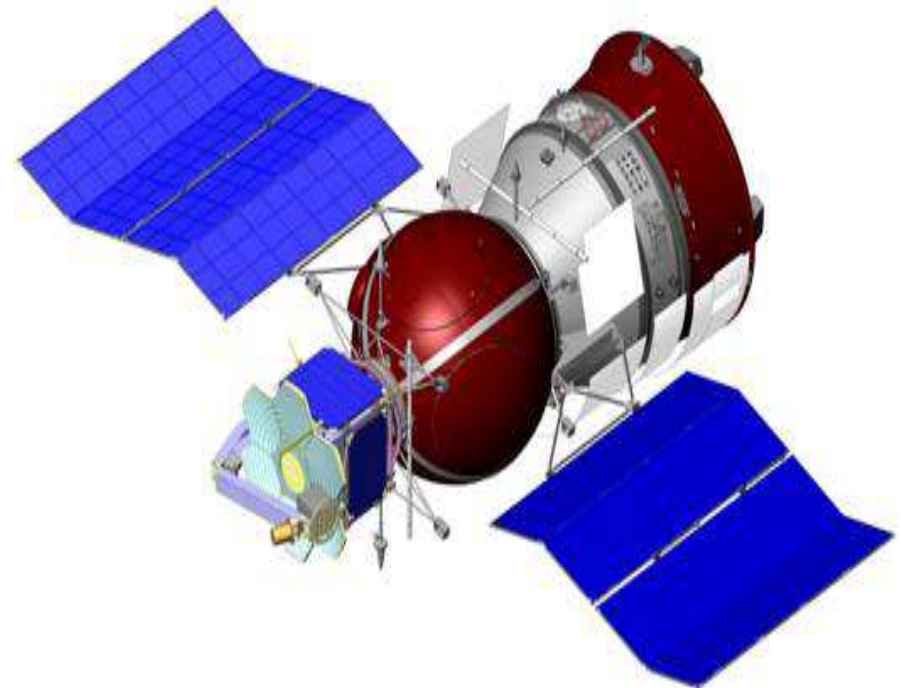
Суммарная масса КА – 6480 кг

Вес научной аппаратуры (НА)- 650 кг внутри и 250 кг снаружи

Масса возвращаемого модуля – 2300 кг

**Температура наружной поверхности в орбитальном полете от
-150 до 125 125 °С**

Суточное потребление энергии НА 550 Вт

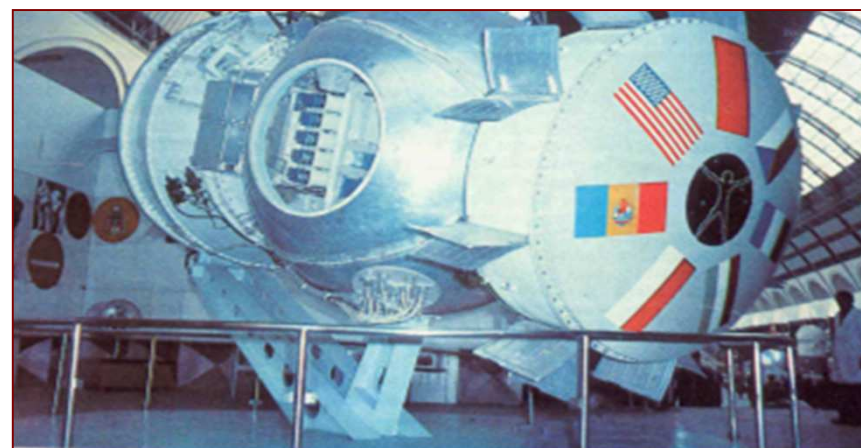


ПРОГРАММА «БИОН» (1973 – 2013 гг.)



Проведение комплексных физиологических, морфологических, биохимических, генетических исследований на животных и растительных организмах в полетах специализированных спутников Земли (биоспутников), специально предназначенных для проведения медико - биологических исследований.

Биоспутник	Год запуска	Длительность полета (сутки)	Основные объекты исследований
«Бион» № 1	1973	21,5	Крысы
«Бион» № 2	1974	20,5	Крысы
«Бион» № 3	1975	19,5	Крысы
«Бион» № 4	1977	18,5	Крысы
«Бион» № 5	1979	18,5	Крысы
«Бион» № 6	1983	5	Обезьяны - Крысы
«Бион» № 7	1985	7	Обезьяны - Крысы
«Бион» № 8	1987	12	Обезьяны - Крысы
«Бион» № 9	1989	14	Обезьяны
«Бион» №10	1992	11,6	Обезьяны
«Бион» №11	1996	13,7	Крысы
«Бион - М» №1	2013	30	Мыши, гекконы, рыбы, улитки



Исследования на крысах и обезьянах показали, что пребывание в невесомости приводит к существенным, но обратимым функциональным, структурным и метаболическим изменениям в мышцах, костях, миокарде и нейро-сенсорной системе млекопитающих. Описана феноменология и изучен механизм развития этих изменений. На основе этих данных, а также на основе данных полученных в пилотируемых полетах, разработаны меры профилактики негативного действия невесомости на организм человека. Это явилось основой для осуществления долговременных пилотируемых орбитальных полетов.



Программа фундаментальных и прикладных экспериментов и исследований по проекту «БИОН-М» № 1



1. Биомедицинские эксперименты.

Цель: комплексное исследование влияния невесомости на организм и его отдельные функциональные системы.

Объекты исследований: монгольские песчанки, мыши и гекконы.

2. Исследования по гравитационной биологии, биотехнологии и экзобиологии

Цель: исследование влияния невесомости и факторов открытого космического пространства на внутриклеточные процессы жизнедеятельности.

Объекты исследований: низшие беспозвоночные животные (улитки), низшие позвоночные животные (рыбы), микроорганизмы, семена, высшие растения, культуры клеток и тканей, биопрепараты.

3. Радиобиологические и радиационно-физические исследования

Цель: изучение биологически значимых характеристик космического ионизирующего излучения и эффектов его воздействия на живые системы в условиях открытого пространства и внутри космического аппарата, а также исследование и отработка новых методов и средств космической дозиметрии для их последующего применения в перспективных космических миссиях.

Размещение: дозиметры и укладки с биообъектами на внешней поверхности и внутри КА



Состав научной аппаратуры проекта «БИОН-М» № 1

1. «Контур - БМ»—эксперименты на монгольских песчанках
2. «МЛЖ-01» (3 модуля для мышей и для гекконов).
3. «Белка»— эксперименты по выращиванию кристаллов белков .
4. «Биоконт-Б» - эксперименты по гравитационной биологии
5. «ОМЕГАХАБ» _ исследования с клетками и малыми цикловыми рыбами в водной среде.
6. «RIBES» - изучение ростовых процессов биологических образцов.
7. «Гравитон» - оперативный анализ гравитационной обстановки на борту КА.
8. «Биоимпеданс» - изучение морфофункционального состояния культур клеток.
9. «Биотрек-ГД» - определение ОБЭ воздействия ионизирующего облучения на микроорганизмы.
10. «ББ-1М» - исследования влияние невесомости на биологические объекты с различным уровнем эволюционного развития.
11. «Дозиметр-РДЗ-БЗ» м «СПД» - радиационно-физические исследования.
12. «ФИТО» – эксперименты с плодами и семенами высших растений.
13. «ППН» - группа радиобиологических, радиационно-физических экспериментов.
14. «Карбон» - исследование физико-химических свойств образцов карбида кремния в условиях космического полета.
15. «Метеорит»— эксперименты по астробиологии
16. «Экзобиофрост» и «Экзомикология» – эксперименты с пробами грунтов из вечной мерзлоты.
17. «Абиогенез» -синтез пептидов и нуклеотидов в открытом космосе
18. «Биоутилизация» – микробная утилизация целлюлозы .



Состав российских и зарубежных организаций - участников программы фундаментальных и прикладных экспериментов и исследований (54).

1. РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (32), в том числе:
институты РАН (20), университеты и академии (12).



2. УКРАИНА (1)



Ukraine

3. ГЕРМАНИЯ (4).



Germany

4. США (12).



United States

5. Франция (3).

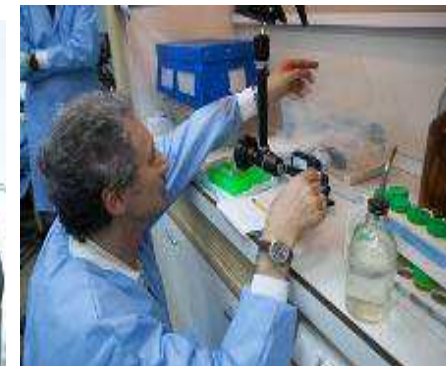


France

6. Республика Корея (1).



7. Япония (1).



**Экспериментальная программа в полете КА «БИОН-М» №1
(30 экспериментов в полете и 78 послеполетных исследований)**

1. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ НА ЖИВОТНЫХ (5 экспериментов в полете и 78 послеполетных исследований).

2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА МИКРООРГАНИЗМАХ И РАСТЕНИЯХ (8 экспериментов в полете).

**3. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ
(5 экспериментов в полете).**

**4. ЭКЗОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И АСТРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТЫ (4 эксперимента в полете).**

**5. ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И
БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОСМИЧЕСКОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ
(8 экспериментов в полете).**

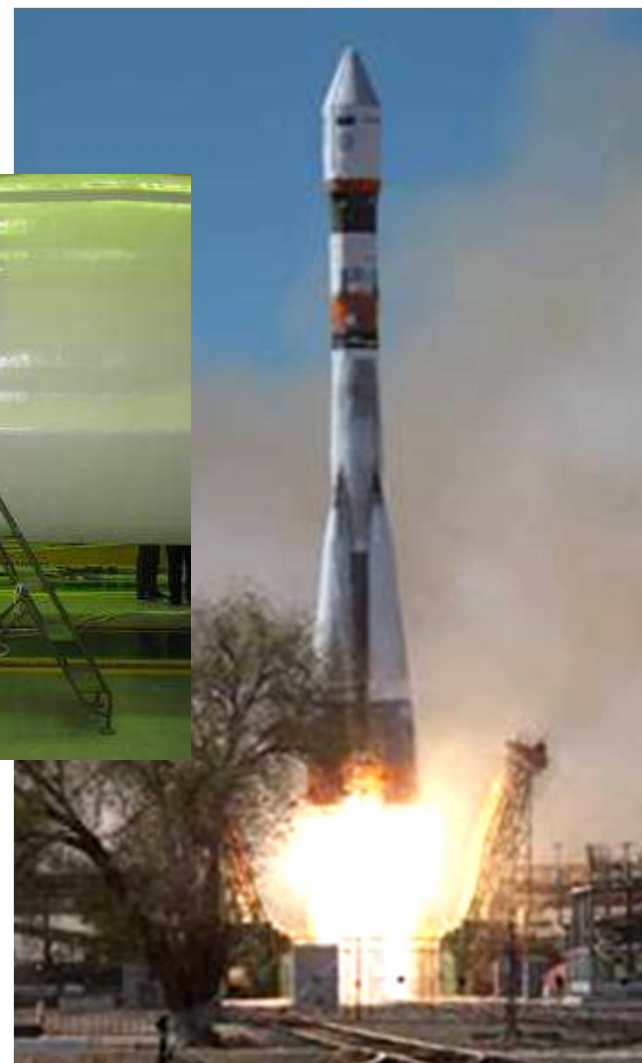


Работы на космодроме «Байконур»





Подготовка и старт ракетносителя СОЮЗ с космически аппаратом «БИОН-М» №1 (космодром «Байконур» 19 апреля 2013 г.)





Посадка спускаемого аппарата «БИОН-М» №1 (Оренбургская область 19 мая 2013 г.)





Работы на месте посадки СА «БИОН-М» №1





Транспортировка мышей с аэродрома «Чкаловский» в ИМБП через 10 часов после посадки СА «БИОН-М» №1





Работа в лабораториях ИМБП РАН в ночь с 19 на 20 мая 2013 г. (начало работы в лабораториях ИМБП через 11 часов после посадки СА «БИОН-М» №1)





«БИОН-М» №1 - Послеполетные исследования животных (исследования мышей)



1. Поведенческие тесты показали, что выработанный до полета у мышей оперантный навык предпочтения стороны после полета был сохранен, однако новый навык – обучение к чередованию сторон – вырабатывался после полета хуже. Экстраполируя полученные данные на человека, можно заключить, что способность людей выполнять разного рода задачи после перелета, например, на Марс может быть ограничена.



2. На изменения, происходящие в мозгу под действием факторов космического полета, указывают и результаты исследования экспрессии генов, контролируемых связанными между собой важнейшими регуляторными системами – серотонинергическую, дофаминергическую и BDNF. Показано существенное влияние космического полета на экспрессию генов, контролируемых нейротрофический фактор мозга BDNF серотониновую и дофаминовую системы.

3. Выявленные изменения в мозгу, например, могут быть связаны с обнаруженным снижением сократимости базилярной артерии у мышей полетной группы, такое снижение сократимости артерий показано впервые.



«БИОН-М» №1 - Послеполетные исследования животных (исследования мышей)



4. Впервые были получены экспериментальные данные, свидетельствующие об изменении состояния кортикального цитоскелета различных типов мышечных клеток

5. Иммунологические исследования показали достоверное снижение количества лимфоцитов в селезенке и тимусе мышей через 12 часов после приземления.

6. Результаты, полученные при исследовании костной ткани мышей показали, что в диафизах берцовых костей у полетных мышей по сравнению с контрольными имеет место нарушение целостности структуры (микроархитектоники) костной ткани

7. Показано увеличение способности продукции клетками костного мозга у полетных мышей ИЛ-1 (интерлейкин-1) - потенциального регулятора костной резорбции и одного из факторов, вовлеченных в патогенез остеопороза.

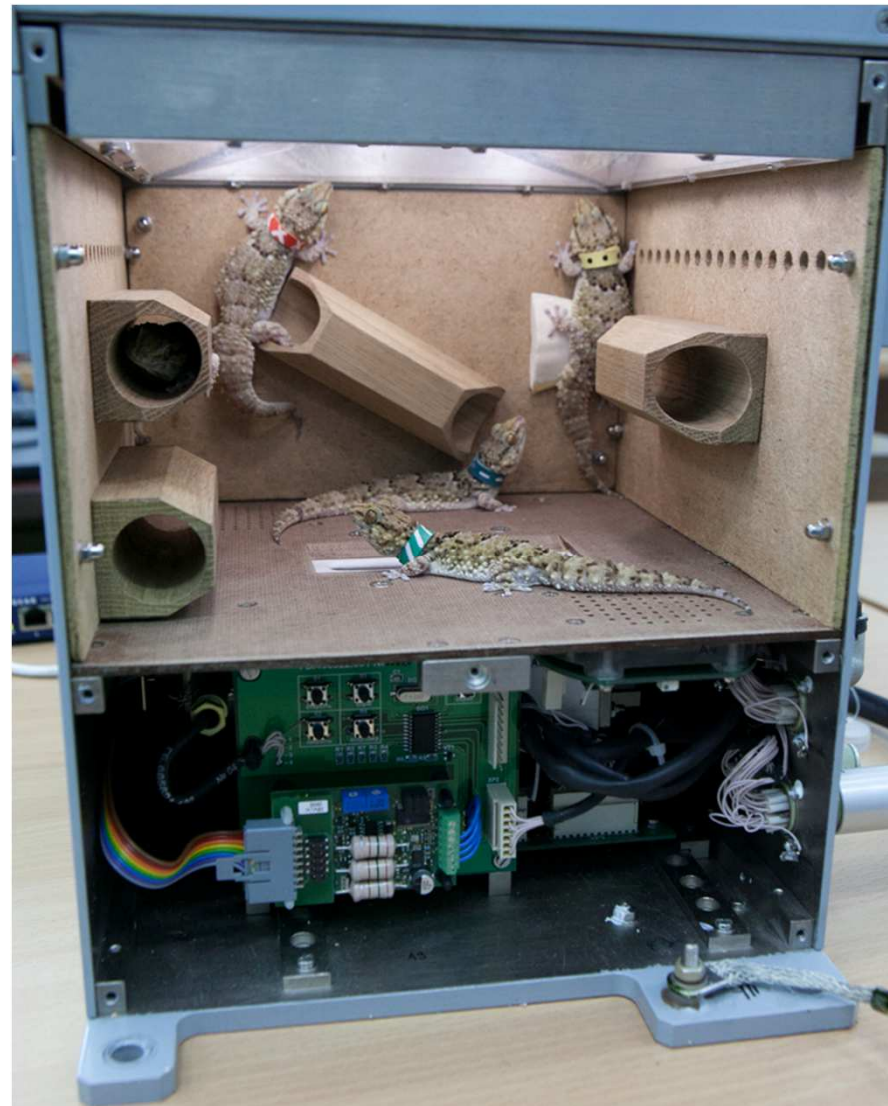


Исследование адаптации толстопалых гекконов к факторам космического полета

Всего в полёте было 15 гекконов, по 5 взрослых самок в каждом БИОСе. Впервые гекконы во время полёта были обеспечены полноценным живым кормом и успешно питались в невесомости.

Наличие хорошо различимой на видеозаписи цветовой маркировки позволило проследить индивидуальное поведение гекконов.

При анализе видеозаписей поведения признаков стресса не выявлено, адаптация к условиям космического полета прошла успешно.





Микробиологические исследования внутри и вне КА «БИОН-М» №1



Проведенные микробиологические исследования позволяют сделать следующие выводы относительно влияния факторов космического полета:

- 1. оказывают влияние на перенос генетического материала среди штаммов стрептомицетов;**
- 2. провоцируют полярность при скрещивании микроорганизмов, выражающуюся в преимущественном вкладе фрагмента хромосомы одного из родителей;**
- 3. влияют на процессы биосинтеза биологически активных веществ у микроорганизмов, в полетном образце суммарное содержание тилозина и дезмикозина снижено по сравнению с лабораторным и синхронным контролями;**

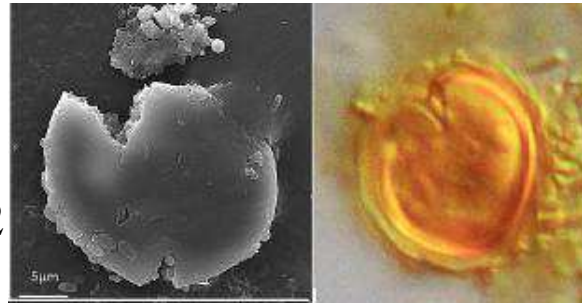


Предварительные результаты экспериментов «ЭКЗОБИОФРОСТ» и «ЭКЗОМИКОЛОГИЯ»

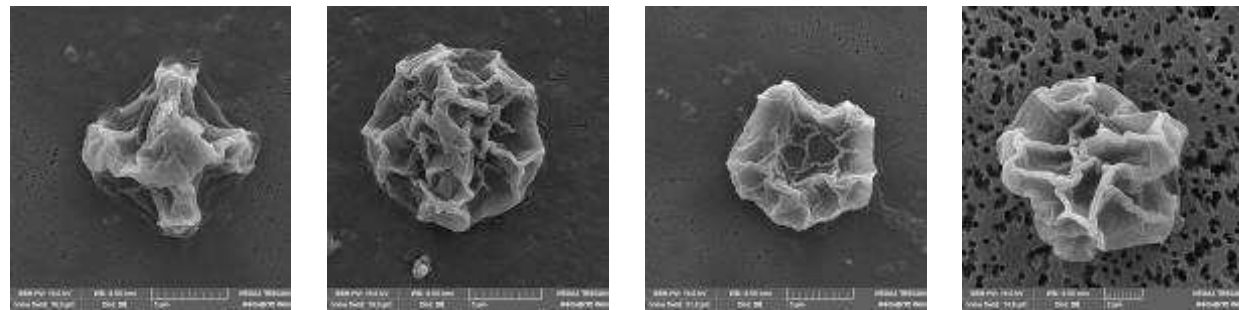


Современные тундровые кольподы более устойчивы к воздействию условий космоса, чем ископаемые представители.

Повреждения, полученные цистами инфузорий вследствие полёта: 1 – SEM; 2 – фазовый контраст.



Штаммы *Colpoda steinii* оказались более устойчивыми к условиям полета, чем штамм *Exocolpoda augustini*. На микрофотографиях сканирующей электронной микроскопии цисты акантамеб, побывавшие в космосе, выглядят неповрежденными и типичными для зрелой акантамебной цисты.



Представители рода *Penicillium* лучше переносят воздействия факторов космоса, нежели виды родов *Mucor* и *Trichoderma*. Более того, увеличение в опытных вариантах альпийских почв разнообразия морфотипов представителей рода *Penicillium*, возможно обусловлено генетической или физиологической адаптацией, что требует более подробного исследования

Эксперимент «Метеорит»

Исследование возможности выживания микроорганизмов на материалах, имитирующих основы метеоритов и астероидов, в условиях открытого космоса и при прохождении плотных слоев атмосферы.

Из всех экспонировавшихся микроорганизмов достоверные данные о выживаемости были получены только для спорообразующих бактерий *Carboxydocella ferrireduca* и *Bacillus umilus*. Данные микроорганизмы с достоверно зафиксированной выживаемостью в условиях внешнего экспонирования были загружены в «метеорит» с минералом глауконитом (железистый силикат, продукт выветривания гранита), имеющим меньшую теплопроводность по сравнению с использовавшимся для всех остальных

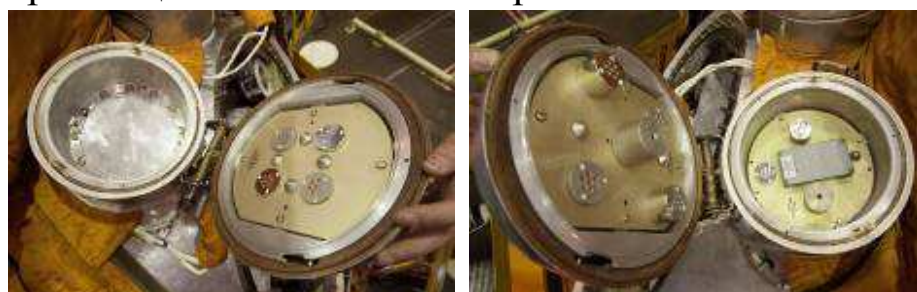




Измерение доз снаружи КА «БИОН-М №1»



Измерения проводились пассивными детекторами ПД-1, ПД-2, ПД-3, ПД-4, сборками «Брадоз», размещенными в контейнерах КНА.



Впервые на российском биоспутнике измерена динамика мощности дозы, получены данные о вкладе радиационного пояса Земли и галактических космических лучей.

Максимальная мощность измеренных доз составила - 0,9 Гр/сут

Измерения доз внутри КА «БИОН-М» №1



Измерения проводились баббл-детекторами, сборками СПД, дозиметром РДЗ-БЗ. Мощность дозы, измеренная баббл-детекторами (**нейтроны**) – **0,1 мЗв/сут. (как на МКС!)**.

Мощность дозы, измеренная сборками СПД (**заряженные частицы**) – **0,5-1,25 мГр/сут. (в 6 раз выше, чем на МКС).**

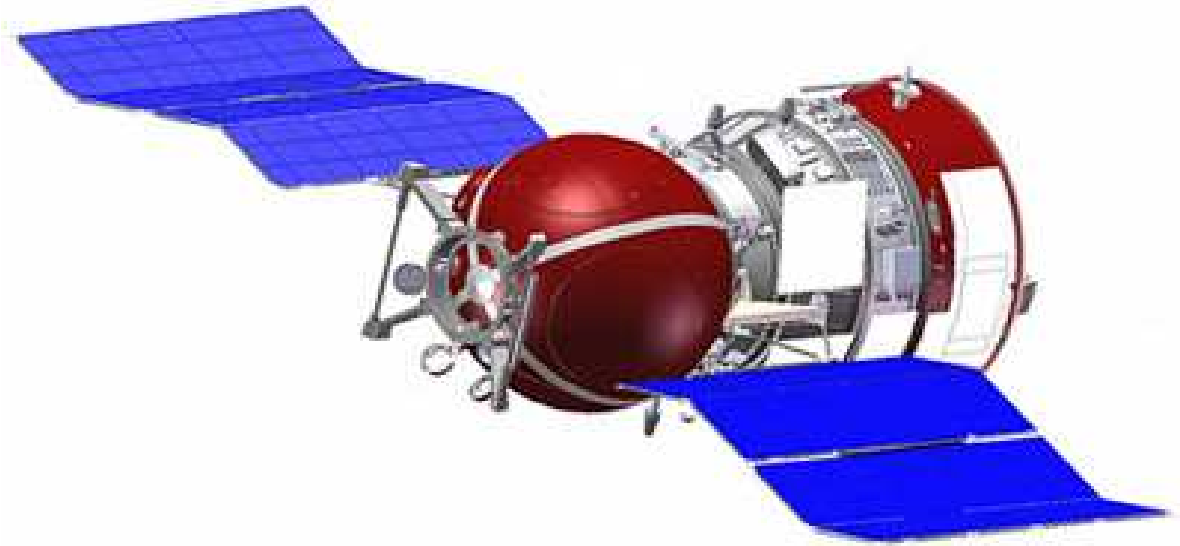
Перепад доз внутри КА ~2,5 раза.

Научно-организационные результаты

1. После 16-ти летнего перерыва в полетах биологических спутников заново создана инфраструктура и сформирована новая команда молодых специалистов из разных институтов и промышленных предприятий, способная решать задачи такой сложности и масштаба.
2. Вновь создана научная кооперация (54), в которую входят более 40 российских институтов РАН, РАМН, Университетов и Медицинских академий из большинства регионов России, а также кооперация с ведущими зарубежными университетами и научными учреждениями из Украины, Казахстана, Германии, Франции, Болгарии, США.
3. Создана экспериментальная база, в том числе стендовая, для проведения исследований такого масштаба, разработаны и отработаны методики, позволяющие с использованием современного аппаратного обеспечения, проводить на клеточном и молекулярно-генетическом уровнях углубленные исследования интимных механизмов ответа биологической материи на воздействие факторов космического полета и их последствий для животного организма.



Космический аппарат «Фотон-М» №4 (Ракетно - космический центр «Прогресс» г. Самара)



Дата старта – 18 июля 2014 года.
Длительность полета – 45 суток.
Место старта – космодром Байконур.
Место посадки – Оренбургская область,
Россия. Дата посадки – 01 сентября 2014 года.

**Результаты экспериментов в стадии обработки
специалистами Института медико-
биологических проблем РАН**



Научные задачи биологических исследований (головная организация – Институт медико-биологических проблем РАН)

1. Изучение влияния микрогравитации на половое поведение, организм взрослых животных и эмбриональное развитие гекконов в двухмесячном орбитальном эксперименте.
2. Исследование динамики изменения состояния внутриклеточных систем (иммунно - компетентные клетки) при действии факторов космического полета.
3. Структурно-функциональное исследование роста и развития чистой грибной культуры и грибной споровой массы, а также слоевища грибных симбиотических организмов (лишайники) в условиях космического полета (плата полезной нагрузки снаружи КА).
4. Изучение влияния условий космического полета на микробный комплекс, выделяемый из многолетнемерзлых отложений (плата полезной нагрузки снаружи КА).
5. Изучения процесса биodeградации полиэтиленовой пленки анаэробными микроорганизмами без внесения дополнительных ингредиентов и принудительного удаления продуктов метаболизма в условиях космического полета (биокультиватор).
6. Исследование возможности выживания микроорганизмов на материалах, имитирующих основы метеоритов и астероидов (искусственный метеорит снаружи КА)
7. Радиационные эксперименты (дозиметры).
8. Получение новой научной информации об эпигенетической роли силы тяжести в развитии многоклеточного организма (плодовая мушка).

**Спасибо за
внимание**