

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОСМОСЕ

**Организация подготовки и проведения экспериментов «Плазмида», «Рецептор», «Регенерация» «Геккон» в космическом полете на борту КА «ФОТОН-М» №2 и в синхронном контроле**

- УЧАСТНИКИ
- ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ ИМБП РАН) Москва
- Институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов (Гос НИИ генетика) Москва
- Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии (ВНД и НФ РАН) Москва
- Институт биологии развития РАН (ИБР РАН) Москва
- Институт морфологии человека РАМН (ИМЧ РАМН) Москва
- Университет штата Монтана США
- Эймский исследовательский центр НАСА США
- ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» г. Самара
-

# ЭКСПЕРИМЕНТ «ПЛАЗМИДА»

## ЦЕЛЬ:

- Выявление вероятности и степени влияния факторов космического полета (ФКП) на эффективность наследования и структурную стабильность плазмиды p J 702 у актиномицета *Streptomyces lividans*

## ЗАДАЧИ:

- -изучить влияние ФКП на генетические структуры микроорганизма
- -определить характер и предполагаемый механизм изменений генетических структур
- -сравнить стабильность и экспрессию плазмидных и хромосомных генов в условиях действия ФКП

- **Объект исследования** - актиномицет *Streptomyces lividans*

- **Аппаратура «ПЛАЗМИДА»** ( бортовой контейнер ББ-1М)

## Исполнители:

- ГНЦ РФ –Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ –ИМБП РАН)
- Гос НИИ Генетика Россия
- Университет штата Монтана США

# ЭКСПЕРИМЕНТ «РЕЦЕПТОР»

## Цель:

- Оценка степени изменений элементов нервной системы, ответственных за процессы восприятия и реализации гравитационного стимула

## Задачи:

- -определение регуляторной роли экспрессии *preproNP* гене в процессе адаптации организма к условиям космического полета (микрогравитации) и реадаптации к земной силе тяжести
- -изучение изменений, происходящих в гравирецепторных клеткахстатоцистах) в космическом полете
- -оценка потенциальных изменений в характере взаимодействий между фото- и гравирецепторами
- **Объект исследования**- виноградная улитка *Helix lucorum*
- Аппаратура - «РЕЦЕПТОР» ( бортовой контейнер ББ-1 М)

## Исполнители:

- ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ ИМБП РАН)
- Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН ( ВНД и НФ РАН)
- Эймский исследовательский центр НАСА США

# ЭКСПЕРИМЕНТ «РЕГЕНЕРАЦИЯ»

## Цель:

Определение молекулярно-биологических механизмов стимулирующего действия факторов космического полета (ФКП) на клеточную пролиферацию и регенерацию органов и тканей у амфибий

## Задачи:

- \* изучение роли генов, кодирующих ряд транскрипционных факторов в процессах клеточной пролиферации и регенерации органов и тканей у низших позвоночных - амфибий
- исследование клеточного состава крови и проведение гистологического анализа кроветворных органов
- **Объект исследования** – иглистые тритоны *Pleurodeles waltlii*
- **Аппаратура** – «РЕГЕНЕРАЦИЯ» (бортовой контейнер «Тритон»)

## Исполнители:

- ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ ИМБП РАН)
- Институт биологии развития РАН ( ИБР РАН)
- Эймский исследовательский центр НАСА США

# Эксперимент «Геккон»

## Цель:

• Исследование влияния факторов космического полета (микрогравитации) на морфо-функциональные характеристики нервной системы, скелета и эндокринных органов у рептилий

## Задачи:

• изучить изменения в центральной нервной системе и в периферических органах чувств рептилий, экспонированных в условиях космического полета (КП)

• исследовать составные элементы опорно-двигательного аппарата у рептилий, экспонированных в условиях космического полета

• Аппаратура – «УЛИТКА» (бортовой контейнер ББ-1М)

• Объект исследования ящерицы – гекконы *Pahcydactylus bibroni*

## Исполнители:

• ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ РФ ИМБП РАН)

• Институт морфологии человека (ИМЧ РАМН)

• Эймский исследовательский центр НАСА США

## Биотехнические испытания аппаратуры «Плазмида»

В рамках отработки научной аппаратуры с отобранным биоматериалом в марте 2005 г. были проведены биотехнические испытания бортовой аппаратуры «Плазмида» (бортового Контейнера ББ-1М).

В металлическом контейнере было размещено 16 пластиковых чашек Петри диаметром 60 мм., содержащих клоны *Streptomyces lividans* 66 (pJ 702) на твердой агаровой среде.

Внутреннюю поверхность контейнера и пространство между чашками выстлали демпфирующим материалом (тонким слоем поролона)

Снаряженный биоматериалом контейнер помещали в холодильник при  $T 4^{\circ} C$  и выдерживали 4 суток, а затем помещали в термостат при  $T 25^{\circ} C$  на 16 суток. Таким образом, имитировали условия космического полета. Более того, принимая во внимание возможный диапазон изменений параметров окружающей среды в гермообъеме спускаемого аппарата (СА)

КА «Фотон-М», в ходе отработки научной аппаратуры поочередно создавали диапазоны  $T$  от  $20$  до  $30^{\circ} C$  и влажности от 40 до 70 %

Полученные в ходе биотехнических испытаний результаты позволили прийти к заключению о возможности успешного проведения эксперимента «Плазмида» в полете КА «ФОТОН-М» №2.

## Биотехнические испытания аппаратуры «Рецептор»

Для проведения биотехнических испытаний научной аппаратуры «Рецептор» был изготовлен вкладыш из плексигласа, имеющий габариты, соответствующие внутреннему объему бо1внутри которого размещали биоматериал (35 улиток *Helix lucorum*).

Для обеспечения воздухообмена между окружающей средой (гермообъемом СА ) и отсеком с улитками, в боковых стенках контейнера и вкладыша были просверлены отверстия (около 20штук диаметром 5 мм). Для предотвращения выделения в окружающую среду продуктов распада улиток в случае их гибели в космическом полете, контейнер был снабжен фильтром очистки воздуха от вредных примесей. Для поддержания относительно высокого уровня влажности и во избежание присутствия свободной воды внутри вкладыша в основании контейнера помещали пластину из поливинилформала, обладающего высокими водоудерживающими свойствами.

В рамках отработки научной аппаратуры «Рецептор» в апреле 2005г. Были проведены биотехнические испытания. Животные (35 улиток) в течение 20 суток находились внутри контейнера ББ-1М без пищи и воды в условиях высокого уровня влажности (90-95 %) при температуре от 20 до 30<sup>0</sup> С.

Полученные в ходе биотехнических испытаний результаты позволили придти к заключению о возможности успешного проведения эксперимента «Рецептор» в полете КА «ФОТОН-М» №2.

## **БИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТУРЫ «РЕГЕНЕРАЦИЯ»**

Для проведения экспериментов (полетного и контрольного) использовали контейнер «Тритон»..В контейнере размещали 20 иглистых тритонов *Pleurodeles waltlii* каждый массой 10- 12 Г.Дно контейнера покрывали пластиной из поливинилформалия и заливали 500 мл. воды. Таким образом, внутри контейнера создавали 100% влажность. Крышка контейнера из прозрачного пластика была снабжена полупроницаемой мембраной из двух пластин пористого второпласта общей площадью 200см<sup>2</sup> для обеспечения воздухообмена между гермообъемом СА и внутренним объемом контейнера.

В рамках подготовки научной аппаратуры «Регенерация» во второй половине 2004г. и в начале 2005г. проведены биотехнические испытания , в ходе которых были отработаны методы пред- и после- полетных исследований и установлены оптимальные параметры среды обитания животных в условиях космического полета. Кроме того, в результате биотехнических испытаний были определены оптимальные количественные, возрастные и весовые характеристики животных, определены сроки проведения предполетных хирургических операций по удалению конечностей и хрусталика глаз у определенного числа подопытных особей.

Полученные результаты позволили прийти к заключению о готовности бортовой аппаратуры

«Тритон» к летным испытаниям и возможности успешного проведения эксперимента «Регенерация» в полете КА «ФОТОН-М»№2.

## **Биотехнические испытания аппаратуры «УЛИТКА»**

Для проведения полетного и контрольного экспериментов использовали бортовой прибор «УЛИТКА» ( контейнер ББ-1М).

Биоматериал (5 ящериц – гекконов *Panctodactylus bibroni*) размещали в специальном вкладыше из биологически нейтрального материала, точно соответствующего внутреннему объему контейнера ББ-1М. Во вкладыше и корпусе контейнера были просверлены отверстия (диаметром 5мм) для обеспечения воздухообмена между внешней средой (гермообъемом СА) и внутренним объемом контейнера. В рамках отработки пред- и послеполетных методов исследований в ходе биотехнических испытаний аппаратуры «Улитка» в январе- марте 2005 г. было проведено 3 лабораторных эксперимента, каждый длительностью 20 суток, с целью определения условий содержания животных в ограниченном объеме бортового контейнера, оценки их оптимальных весовых и возрастных характеристик, количества животных и необходимости их обеспечения пищей и водой во время космического полета.

По окончании испытаний во всех 3-х все животные были живы и проявляли высокую активность. В итоге, были получены убедительные доказательства того, что ящерицы – гекконы в течение 20суток могут обходиться без пищи и воды и сохранять при этом активный образ жизни и нормальные физиологические параметры. Полученные данные позволили прийти к заключению о возможности успешного проведения эксперимента «Улитка» в полете КА «ФОТОН-М» № 2.

## **ПРОТОКОЛ ВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА МЕСТЕ СТАРТА КА «ФОТОН-М»№2**

25 мая – ( 17.ч.30м. до 20.30м.) заправка биообъектами научной аппаратуры (бортовых контейнеров) «Регенерация», «Улитка», «Рецептор». \* Аппаратура «Плазмида» заправлена 26 мая в бч. утра).

( Ночь с 25 на 26 мая полетные контейнеры «Улитка» и «Регенерация» находились при комнатной температуре 23-25<sup>0</sup> С. Контейнер «Рецептор» в холодильнике (при температуре 4 25<sup>0</sup> С).

26 мая - транспортировка аппаратуры из Москвы на месте старта (космодром Байконур)  
Казахстан

27 мая 8 ч.30м. - все полетные контейнеры доставлены в монтажно- испытательный комплекс (МИК) КА «ФОТОН-М» №2. Температура внутри комплекса 20-22<sup>0</sup> С , влажность 60%.

27 мая с 10ч до 11ч.20м. –проведен входной контроль бортовой аппаратуры. Аппаратура аттестована и допущена к установке в СА « КА «Фотон-М» №2.

28 мая – с 13ч. до 16 ч. монтаж научной аппаратуры «Плазмида», «Рецептор» и «Регенерация» в СА.

\* Аппаратура «Улитка» установлена на КА «Фотон-М» №2 27 мая в 16ч.15м. в верхнем отсеке СА

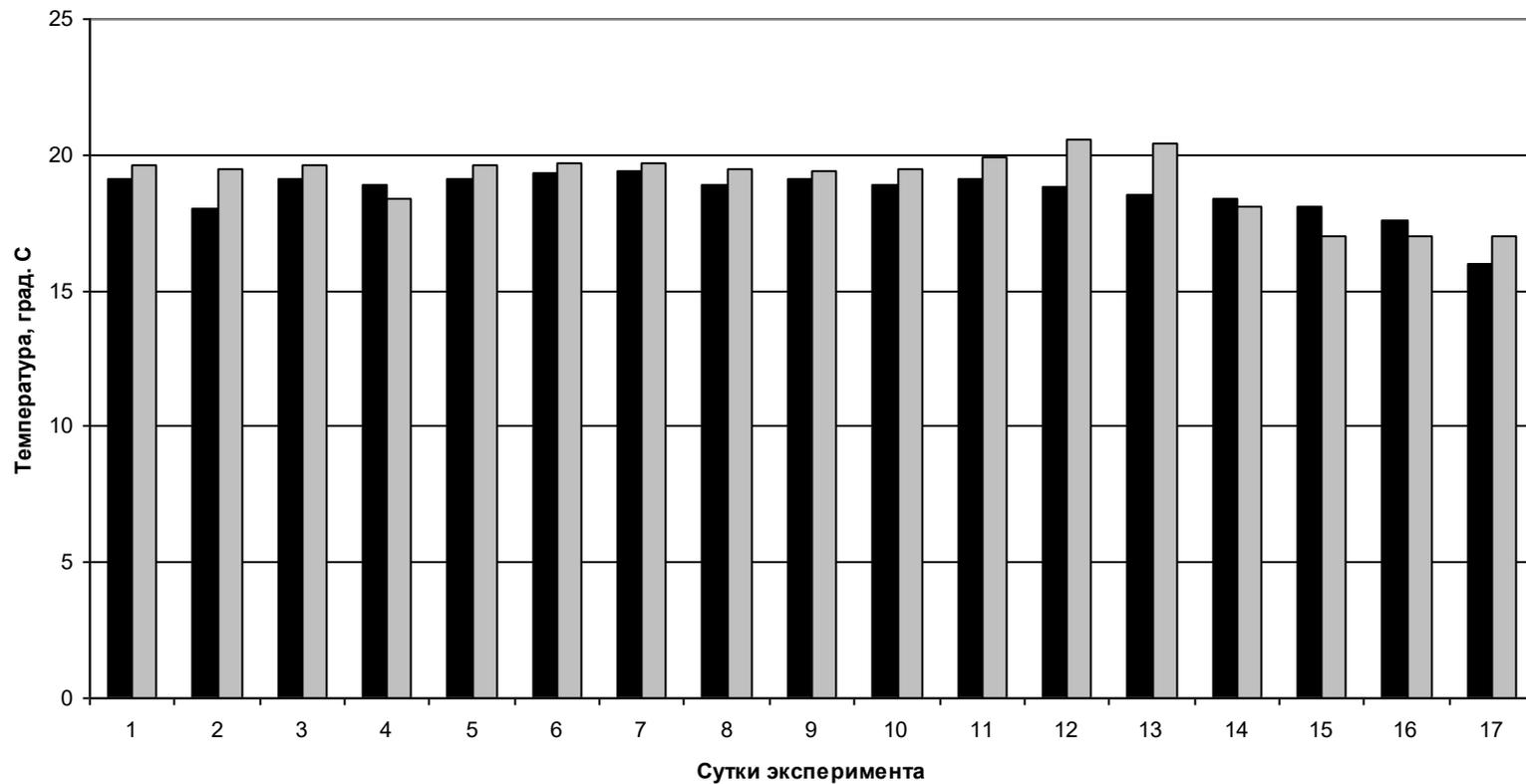
(Аппаратура «Плазмида» и «Рецептор» на средней станине непосредственно у малого люка №2, аппаратура «Регенерация» у большого люка №1). 28 мая 21ч.10 м. –закрытие люков СА.

29 мая – стыковка СА с ракетой носителем

30 мая – вывоз комплекса КА на стартовую площадку

31 мая 16ч.00м. Старт КА «ФОТОН-М» №2

Средние температуры воздуха на борту КА "Фотон - М" № 2 в полете (черные столбики) и в синхронном эксперименте (серые)

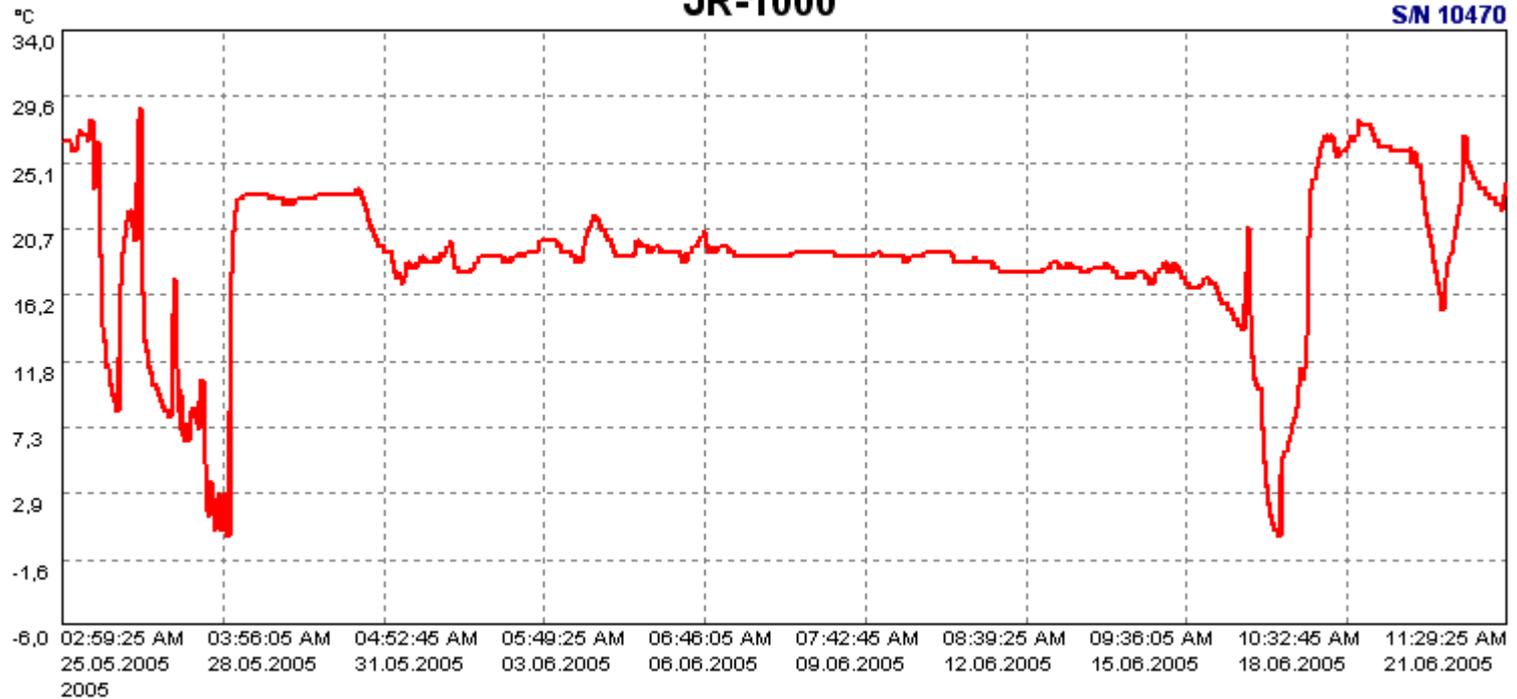


## Эксперимент «Рецептор»

JR-1000

ACR Systems Inc.

S/N 10470

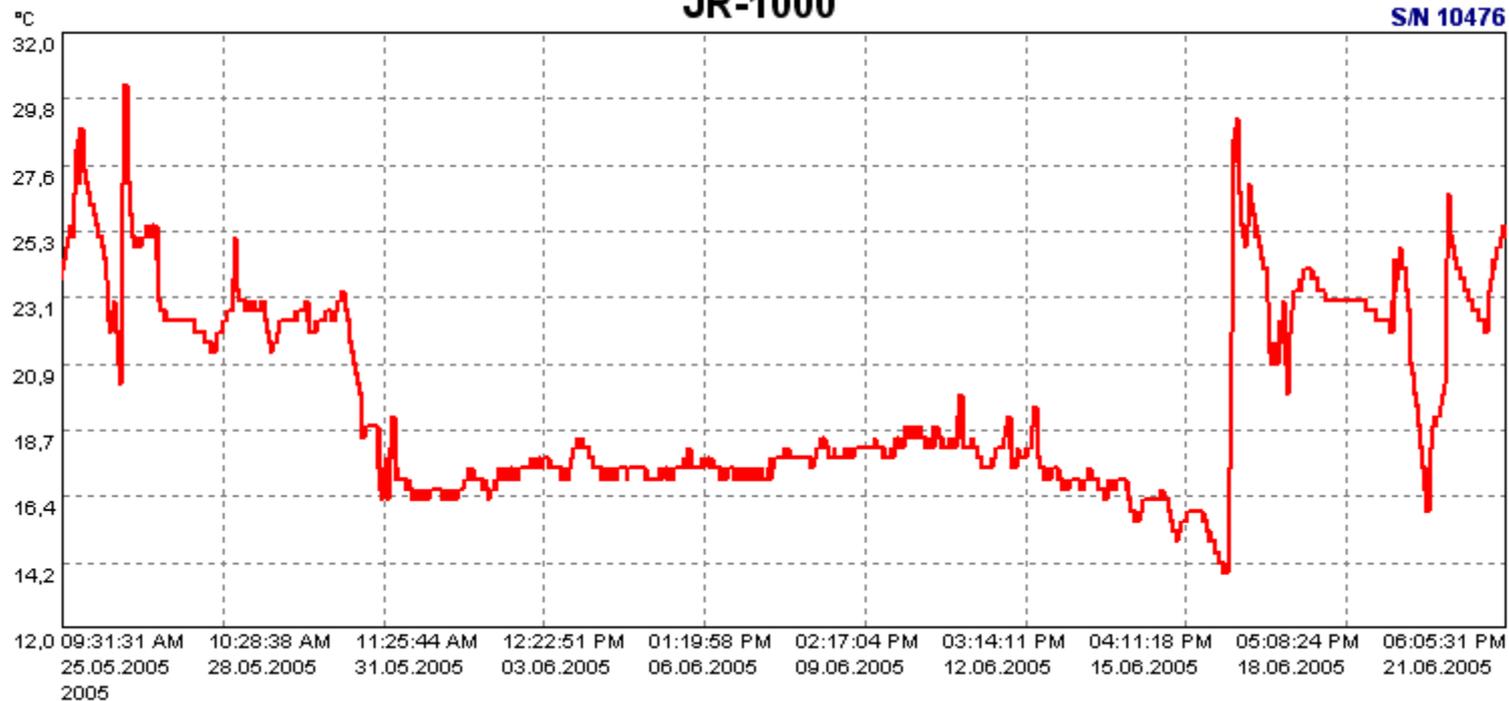


# Эксперимент «Регенерация»

JR-1000

ACR Systems Inc.

SN 10476



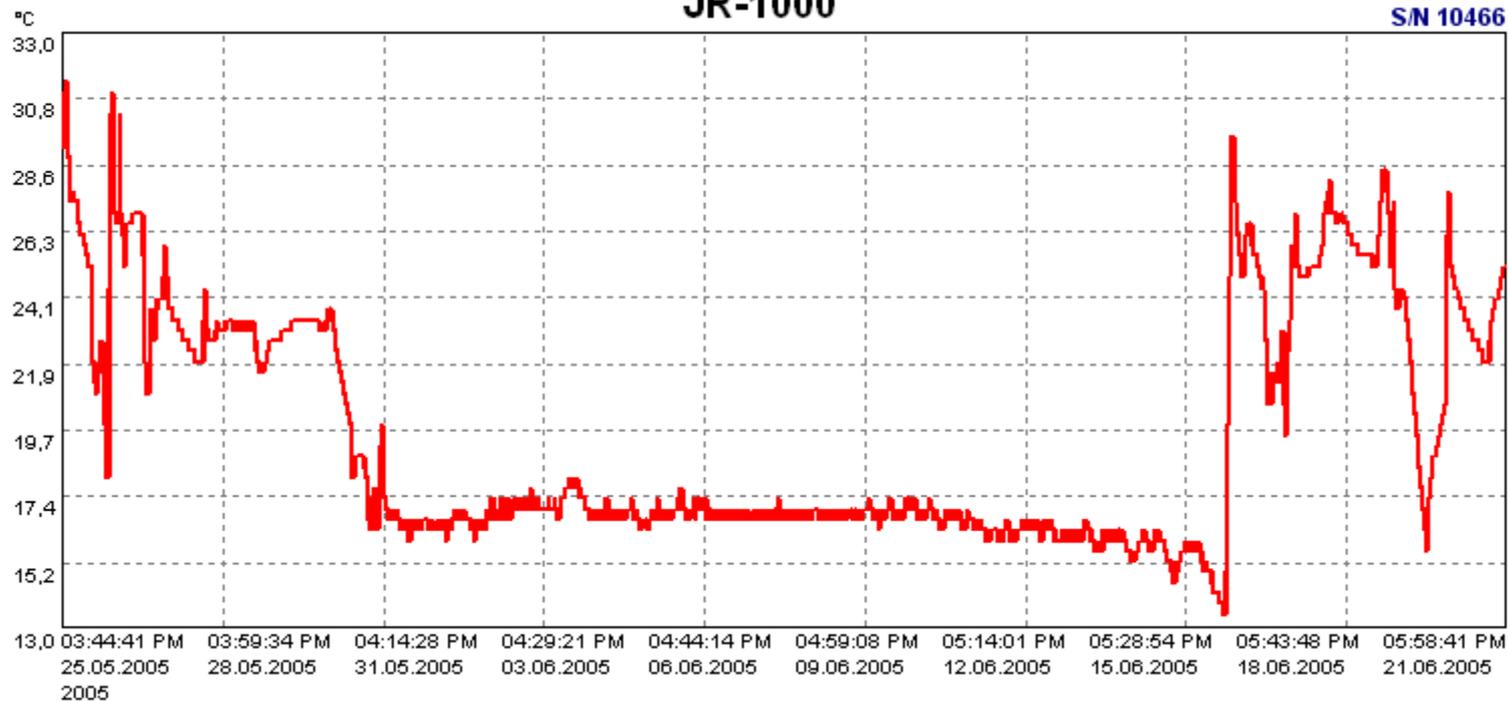


# Эксперимент «Улитка»

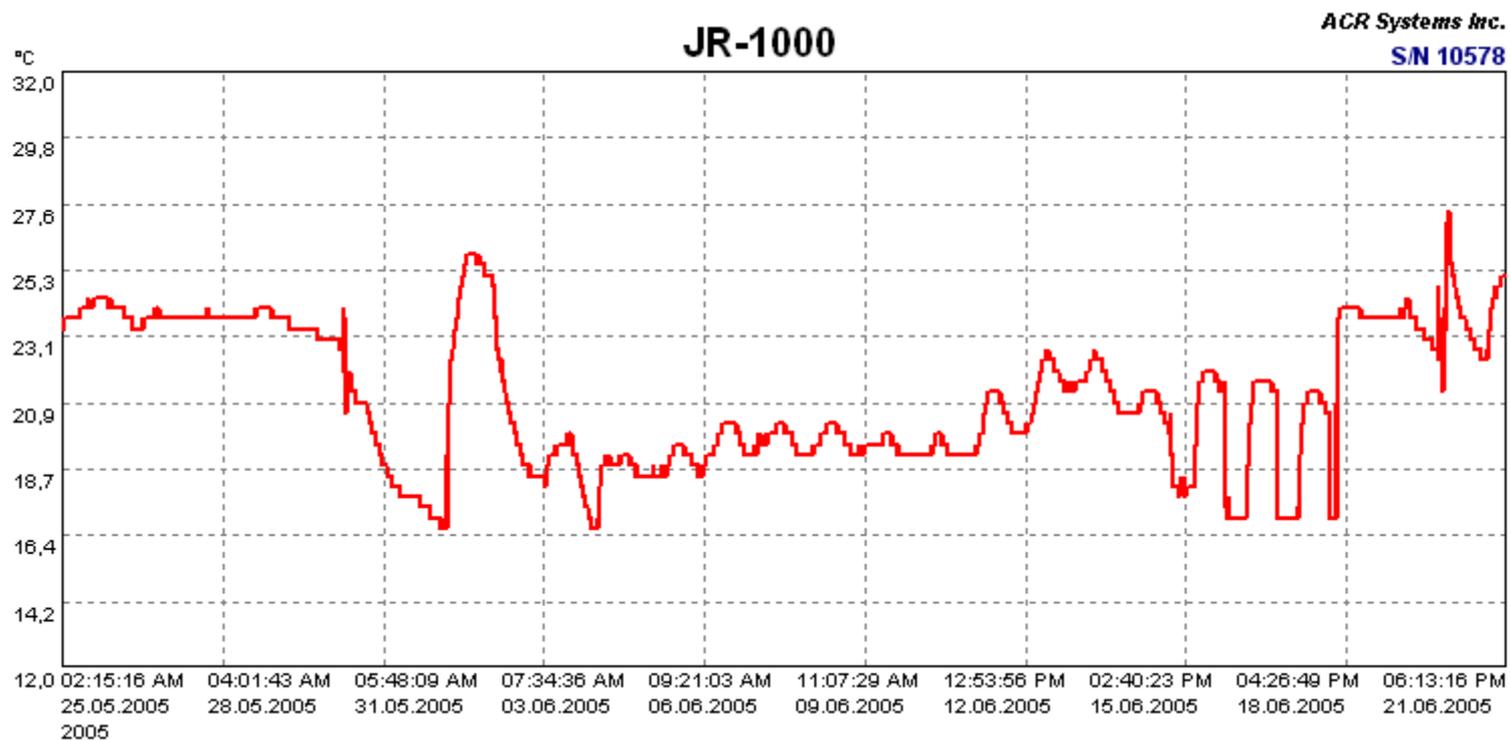
JR-1000

ACR Systems Inc.

S/N 10466



## Синхронный «наземный» эксперимент



## **ПРОТОКОЛ ВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА МЕСТЕ ПРИЗЕМЛЕНИЯ КА «ФОТОН-М»**

16 июня 11ч.40 м. Приземление СА КА «Фотон-м» №2 в 170 км юго-восточнее г. Кустанай. Казахстан

12ч.30м. – открытие люка №1, получение контейнера «Тритон» (эксперимент «Регенерация» )

\*Все 20 тритонов живы. Перенос на свежую животных на свежую воду и замена поливинилформаль13ч.15. –открытие люка №2, получение аппаратуры «Плазмида» и «Рецептор» и размещение их в транспортном термостате – холодильнике при 4<sup>0</sup>С.

13ч. 40 м. –получение аппаратуры «Улитка».

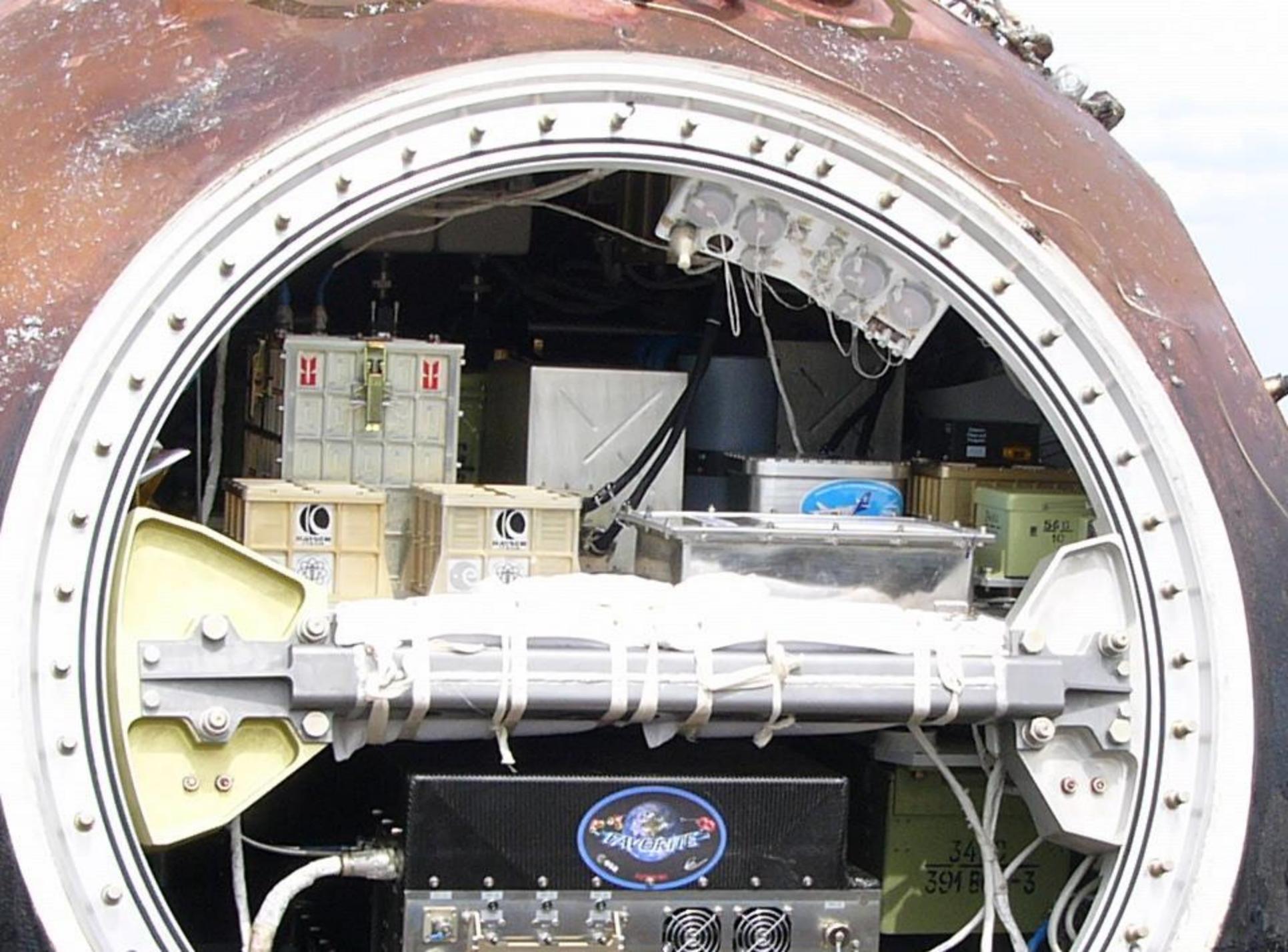
\* Аппаратура «Улитка» и «Регенерация» размещены в нетермостатируемом транспортном контейнере. (Температура воздуха на месте посадки 29 <sup>0</sup>С.)17 июня с 7ч.30м. до 11ч.15м. - перелет из а/п. г. Кустанай в а/п г. Самара, с 12ч. 45м до 15. 15.м -перелет из г.Самары в а/п Домодедово (Москва)16ч. 00м. – аппаратура «Рецептор» передана сотруднику ВНД РАН А. Малышеву в а/п. «Домодедово»

16ч. 55м.- аппаратура «Плазмида» передана сотруднику Гос. НИИ Генетика В. Табакову

17ч.20 м. – аппаратура «Регенерация» передана сотрудникам ИБР РАН

17ч.45м. – аппаратура «Улитка» передана сотрудникам ИЧМ РАМН

Все полетные эксперименты доставлены в Москву и переданы в исследовательские лаборатории через 28 часов после приземления СА «Фотон-М» №2





# ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ СИНХРОННОГО (КОНТРОЛЬНОГО) ЭКСПЕРИМЕНТА

Синхронные (контрольные) эксперименты «Плазида», «Рецептор», «Регенерация» и «Улитка» были организованы и проведены в лаборатории гравитационной биологии ГНЦ РФ – Института медико-биологических проблем РАН ( база Планерная ) со сдвигом по времени на 2 суток после старта КА «Фотон-М» №2 . Таким образом, контрольные лабораторные эксперименты были проведены с 16 ч. 2-го июня до 11ч.30 м. 18 июня. (Сдвиг по времени на 2 суток после начала полетных экспериментов был обусловлен двумя причинами: во - первых, необходимостью получения информации о параметрах окружающей среды, прежде всего температуре в гермообъеме СА КА «Фотон-м» №2 и, во-вторых, с целью обеспечения необходимого количества времени для обработки и экспресс-анализа полетного материала после его доставки с места посадки СО КА «Фотон-М» №2 в Москву).

Все 4 контейнера с биоматериалом идентичные бортовым (полетным) контейнерам после прохождения процедур, аналогичным предполетным, были помещены в специальный лабораторный термостат (климатическую камеру) фирмы **Heraeus**, где находились в течение 16 суток. Каждые 2 часа, после получения информации с Центра управления полетами (ЦУПа) вносились необходимые коррективы в параметры температуры, влажности. Все контейнеры в контрольном эксперименте как и полетные находились в темноте. Характер изменения температур и других параметров в полетных и синхронных экспериментов приведен на соответствующих графиках.