

ПРОТОКОЛ

рабочей встречи специалистов ГНЦ РФ ИМБП РАН,
НКА Украины и РКК «Энергия» от 19 декабря 2003 г.

Участвовали: от ИМБП РАН — заместитель директора профессор Е.А.Ильин, заведующий лабораторией профессор М.Г. Таирбеков от НКАУ — профессор Е.Л. Кордюм; инженер-конструктор, отв. исполнитель НА — «Биолаборатория-М» Н.А. Галинский от РКК «Энергия» — начальник лаборатории О.В. Митичкин, зам. начальника лаборатории С.Б.Савельев, вед. научный сотрудник В.Г. Шабельников

Обсуждали: Состояние разработки бортового комплекса «Биолаборатория-М» для проведения совместных украинско-российских экспериментов по космической биологии и биотехнологии на борту Российского сегмента (РС) МКС.

Стороны отмечают актуальность разработки бортового комплекса «Биолаборатория-М» и взаимную заинтересованность в оснащении данным комплексом РС МКС.

Стороны обсудили замечания представителей РКК «Энергия» ТЗ на комплекс бортовой аппаратуры «Биолаборатория».

Стороны считают необходимым выполнение в 2004 году следующих этапов работ, предусмотренных Планом-графиком работ по реализации ГКЭ «Биолаборатория-М»:

- Выпуск и согласование ТЗ (за исключением средств доставки и возвращения биообъектов) — I кв. 2004 г.
- Разработка КД на лабораторный макет и изготовление макета — IV кв. 2004 г.;
- Испытание лабораторного образца макета бортовой установки «Биолаборатория-М» (за исключением средств хранения и доставки) — IV кв. 2004 г.

Примечание: Сроки согласования с РКК «Энергия» и выпуск эскизного проекта будут уточнены по результатам наземных испытаний.

Встреча прошла в деловой и дружеской обстановке.

ИМБП РАН:

Е.А.Ильин

М.Г.Таирбеков

НКА/Украина:

Е.Л.Кордюм

Н.А.Галинский

РКК «Энергия»:

О.В.Митичкин

С.Б.Савельев

В.Г.Шабельников

Предложения к протоколу

Космические исследования растительных организмов

1. Российская и украинская стороны обсудили перспективу совместных исследований с растительными организмами на борту Российского сегмента Международной Космической Станции.

2. Российская сторона ознакомила украинскую сторону с результатами космических исследований на борту ОК «Мир» и программой собственных исследований на борту РС МКС и продемонстрировала тренажерный образец космической оранжерейной установки «ЛАДА», предполагаемой к установке на борту модуля «Звезда» РС МКС.

3. Украинская сторона ознакомила российскую сторону с состоянием дел по подготовке национальной космической программы в области космических исследований растительных организмов.

4. Украинская сторона готова провести модельные эксперименты по подготовке космических биологических экспериментов на растениях, которые планируются для выращивания в качестве объектов в оранжерейном устройстве "Лада":

- ◆ формирование ростовых зон корня и его гравирецепторного аппарата (Институт ботаники (ИБ) НАН Украины);

- ◆ формирование и ультраструктура фотосинтетического аппарата листовых культур в условиях микрогравитации (ИБ и Институт физиологии растений и генетики);

- ◆ вирусологический контроль семян нескольких видов пшеницы, переданных российской стороной (Киевский национальный университет - КНУ)

- ◆ цитологический и иммунологический анализ устойчивости указанных сортов пшеницы к наиболее распространенному вирусу полосатой мозаики (ИБ; КНУ)

- ◆ распределение ассимилятов по органам растений пшеницы, включая генеративные (ИБ и Национальный ботанический сад - НБС);

- ◆ гистохимический анализ семян пшеницы, полученных в космическом эксперименте, в процессе их прорастания (ИБ, КНУ);

- ◆ отработка методики анализа структурной организации и дифференциальной активности генома высших растений (ИБ НАНУ);

- ◆ исследование кинетики передвижения растворов в различных заменителях почвы с различными агрофизическими показателями (НБС);

5. Стороны согласились с тем, что для проведения исследований в области эмбриологии и метаболизма растительных организмов в условиях микрогравитации необходимо создание дополнительного специального оборудования с целью проведения химической и низкотемпературной фиксации растительных объектов на борту МКС.

6. Украинская сторона готова рассмотреть вопрос о создании оборудования для проведения химической и низкотемпературной фиксации растительных объектов на борту МКС с целью получения биологического материала, пригодного для проведения эмбриологических, химических и биохимических исследований.

7. Стороны согласились с необходимостью проведения работ по выбору растительных объектов, пригодных для изучения влияния условий космического полета на различные аспекты жизнедеятельности растительных организмов.

8. Российская сторона передала украинской стороне отписки статей, в которых опубликованы результаты исследований, проведенных на борту орбитального комплекса «Мир», а также семена растений пшеницы Апогей, Перигей, Афелион и карликового сорта томатов.

9. Стороны согласились с тем, что они продолжат обсуждение программы совместных исследований на борту РС МКС.

ПРОЕКТ

СОГЛАСОВАНО:

СОГЛАСОВАНО:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА РОССИСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«ЦИТОСКЕЛЕТ»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: зав. лабораторией ГНЦ РФ ИМБП РАН, д.б.н. М.Г. Таирбеков

от Украины: зав. отделом Института ботаники НАНУ, член-корр. НАНУ Е.Л. Кордюм

Эксперимент «Цитоскелет»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность:

Ключевой вопрос проблемы расшифровки молекулярных механизмов гравичувствительности в клетке заключается в определении роли и степени участия основных клеточных структур в процессе восприятия и реализации гравитационного стимула во внутриклеточном объеме. Данный процесс должен включать ряд последовательных этапов: получение клеткой физического сигнала из внешней среды, трансформация его во внутриклеточный континуум, преобразование сигнала в физиологический стимул и формирование ответной реакции клетки. Это предусматривает наличие в клетке гравирецептора. Структурно и функционально наиболее подходящим для этой роли в клетке являются сократительные элементы цитоскелета, выполняющие эти функции при взаимодействии с цитоплазматической мембраной.

Характерной особенностью цитоскелетных структур является их высокая динамичность. Элементы цитоскелета способны к быстрым перестройкам в ответ на слабые сигналы, поступающие извне и незначительные изменения условий внешней среды. Особую чувствительность цитоскелет проявляет к механическим воздействиям, что, очевидно, свидетельствует о тесной связи данного внутриклеточного комплекса с механорецепторами, расположенными внешней клеточной мембраной. Подобные процессы тщательно регулируются. Ведущую роль в регуляции состояния цитоскелета играет метаболизм ионов кальция в клетке. Предполагается, что динамические факторы космического полета, прежде всего, резкое снижение величины силы тяжести (микрогравитация) способны вызывать обратимые изменения в цитоскелете. Подтверждением этому служат, экспериментальные исследования, пока еще, к сожалению единичные, описывающие влияние измененной силы тяжести на молекулярную организацию и функциональную активность цитоскелетных структур.

Таким образом, имеющиеся хоть и немногочисленные данные дают основание для предположений об участии цитоскелета в процессах гравирецепции.

2. Цель эксперимента: Получение экспериментальных доказательств об участии цитоскелетных структур в восприятии и реализации гравитационного стимула в клетке.

1. Задачи эксперимента: Количественное определение основных элементов цитоскелета – сократительных структур в условиях космического полета (микрогравитации) – изучение динамики перестройки цитоскелетных структур в космическом полете сравнительные исследования образцов экспонированных в космическом полете и на земле изучение особенностей метаболизма кальция и его влияния на цитоскелет.

4. Объект и методы:

Для проведения экспериментальных исследований наиболее подходящими объектами, с нашей точки зрения, являются: культура соединительно-тканых клеток *in vitro*, животных и популяция одноклеточных свободноплавающих организмов *in vivo* и растительные клетки *in situ* из корневых волосков и эпидермиса высших растений.

При подготовке экспериментов и в послеполетном анализе биоматериала будут использованы современные цитологические, биохимические и биофизические методы: (морфометрия, иммуноцитохимия, электронная микроскопия, спектрофотометрия).

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностаг и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Для проведения полетного эксперимента на орбитальном комплексе МКС или беспилотном космическом аппарате типа «БИОН» может быть использован бортовой прибор типа «Viobox» изготовленный по заказу ЕКА и апробированный в полетах спутников «БИОН-11» и «ФОТОН-12». Однако российские и украинские специалисты считают целесообразным для проведения эксперимента «Цитоскелет» и последующих экспериментов по клеточной биологии разработку нового бортового прибора, представляющего собой один из основных блоков комплекса бортовой

аппаратуры «Биолаборатория» создаваемого украинскими коллегами.

7. Послеполетный анализ: Анализ послеполетных образцов биоматериала будет выполнен российскими и украинскими специалистами согласно программе исследований

8. Ожидаемые результаты. Эксперимент «Цитоскелет» является частью общей программы исследований, выполняемых совместно с украинскими коллегами, участвующими в разработке и обосновании молекулярных механизмов гравирецепции. Результаты экспериментальных исследований по эксперименту «Цитоскелет» должны послужить подтверждением участия внутриклеточных структур в процессах восприятия и реализации гравитационного импульса в клетке. Кроме того, эти данные позволят, с нашей точки зрения получить доказательства возможности прямого (непосредственного) влияния силы тяжести на клетку как биомеханическую конструкцию.

Полученные данные, помимо общебиологического значения представляет существенный интерес для практики космической биологии и медицины

9. Кооперация: Государственный научный центр — Институт медико-биологических проблем РАН (Москва), Институт физико-химической биологии МГУ им. Ломоносова, Институт ботаники НАНУ (Киев), Институт молекулярной генетики НАНУ (Киев).

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГНЦ РФ-ИМБП РАН

М.П. _____ А.И. Григорьев
«____» _____ 2003 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института ботаники
им. Н.Г. Холодного НАНУ

М.П. _____ С.Я. Кондратьев
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО
Зам. Генерального конструктора
РКК «Энергия»

М.П. _____ А.В. Марков
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО
Главный конструктор направления
ОАО НИК «Курс»

М.П. _____ В.Ю. Добровольский
«____» _____ 2003 г.

ПРОГРАММА на группу КЭ

«Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»

Шифр группы КЭ: «Биолаборатория-М»

СОГЛАСОВАНО

Председатель секции № 1 КНТС
Росавиакосмоса и РАН «Медико-
биологические проблемы»

М.П. _____ А.И. Григорьев
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО

Руководитель секции Совета по
космическим исследованиям НАНУ-НКАУ
«Космическая биология, биотехнология и
медицина»

М.П. _____ Е.Л. Кордюм
«____» _____ 2003 г.

2003

1. ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа группы КЭ «Биолаборатория-М» предусматривает исследования биологических эффектов микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях с целью выяснения механизмов действия этого постоянного фактора космического полета и разработку на основе полученных данных концепций гравичувствительности клетки. Планируется использование объектов, адекватных поставленным задачам, и комплекса современных методов клеточной и молекулярной биологии.

2. СОСТАВ ГРУППЫ КЭ И ПЕРЕЧЕНЬ ПОСТАНОВЩИКОВ КЭ

№ пп	ШИФР	ЦЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТА	РУКОВОДИТЕЛЬ	ОРГАНИЗАЦИЯ
1	ЦИТОСКЕЛЕТ	Изучение влияния микрогравитации на динамику цитоскелета и гомеостаз кальция в гравирецепторных и гравиреагирующих клетках корня	Кордюм Елизавета Львовна, д.б.н., тел/факс: 2123236; Email: cell@svitonline.com	Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
2	НЕЙРОН	Изучение влияния микрогравитации на структурно-функциональные свойства искусственных фосфолипидных мембран	Борисова Татьяна Александровна, к.б.н., тел: 2343254; факс: 2296365; Email: tborisov@pala.din.biochem.kiev.ua	Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины
3	ОБЛАСТ	Изучение влияния микрогравитации на дифференцировку, функциональные потенции и адаптацию остеогенных клеток животных	Родионова Наталья Васильевна, д.б.н., тел. 2349084, факс 2341569, Email: nrod@sz.freenet.kiev.ua	Институт зоологии им. А.А. Шмальгаузена НАН Украины
4	МЕССЕНДЖЕР	Изучение влияния микрогравитации на функционирование различных путей трансдукции сигналов с участием полифосфатилинозитолов	Кравец Владимир Степанович, д.б.н., Тел. 4166057, факс 4636783, Email: kravets@ukma.kiev.ua	Национальный университет «Киево-Могилянская академия»
5	ВИРУС	Изучение влияния микрогравитации на ДНК-геномные вирусы и системы «вирус-клетка»	Дяченко Наталья Сергеевна, д.б.н., тел: 2666168; факс: 2662379; Email: Dyachenko@serv.imv.kiev.ua	Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины

6	МЕМБРАНА	Изучение влияния микрогравитации на физико-химические свойства биологических и искусственных мембран	Климчук Дмитрий Александрович, к.б.н., Тел/факс: 2123236, Email: svitonline.com	Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
7	КРАХМАЛ	Изучение влияния микрогравитации на углеводный метаболизм	Недуга Елена Макаровна, д.б.н., тел(факс): 2123236; Email: cell@svitonline.com	Институт ботаники НАНУ
8	ОПУХОЛИ РАСТЕНИЙ	Изучение влияния микрогравитации на образование опухолей растений с использованием модели индукции корончатых галов	Сарнацкая Вереса Васильевна, д.б.н., тел(факс): 263-51-50; Email: antonyuk@viaduk.net	Институт физиологии растений и генетики НАНУ
9	НЕТКЛЕТКИ	Изучение влияния микрогравитации на рост, структуру и функции нервных, эндокринных и трансформированных клеток	Лукьянец Елена Александровна, к.б.н. тел: 2562430; факс:2536458; Email: elena@serv.bioph.serv.kiev.ua	Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАНУ
10	ИНДУКЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на лизогенные цианобактерии	Менджул Михаил Иванович, к.б.н., тел.: 266-23-09; факс: 266-23-79; Email: smirnov@imv.kiev.ua	Институт микробиологии и вирусологии НАНУ
11	ПРОТОПЛАСТ	Изучение влияния микрогравитации на биогенез клеточной оболочки, пролиферативную активность и рост клеток растяжением	Климчук Дмитрий Александрович, к.б.н., тел(факс): 2123236: Email: cell@svitonline.com	Институт ботаники НАНУ
12	БИОМИНЕРАЛИЗАЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на минерализацию микроводорослей	Эстрела-Льопис Викторио Рафаэлович, к.б.н.. тел(факс): 4448078; Email: estrela@bioco.kiev.ua	Институт биокolloидной химии НАНУ
13	МИКРОФЛОРА	Изучение влияния микрогравитации на биологические свойства резидентной микрофлоры	Руденко Ада Викторовна, д.м.н.? тел. 2760530; Email: microb@unet.net.ua	Институт урологии нефрологии НАНУ

14	ИММУНИТЕТ	Изучение влияния микрогравитации на иммунный ответ лимфоцитов в культуре клеток	Скок Марина Владимировна, к.б.н., тел:2243354; факс:2296365; Email: skok@biochem.kiev.ua	Институт биохимии НАНУ
15	ФРАГМЕНТАЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на организацию и целостность ядерной ДНК	Сорочинский Борис Владимирович, к.б.н.. тел. 2661081;факс: 2521786; Email: bvs@phyto.kiev.ua	Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАНУ
16	РИТМ	Изучение влияния микрогравитации на ритмологические характеристики организма человека с использованием культуры лимфоцитов	Гамалея Николай Федорович. д.б.н., тел.: 2669888;факс: 2671656; Email: gamaleva@onconet.kiev.ua	Институт онкологии, экспериментальной патологии и радиобиологии НАНУ
17	ЛИМФОЦИТ	Изучение влияния микрогравитации на сигнальные каскады лимфоцитов через поверхностные рецепторы для выяснения регуляции дифференциальной экспрессии белков и апоптоза	Сидоренко Светлана Павловна, д.б.н., тел: 2669885; факс: 2671656; Email: svetasid@onconet.kiev.ua	Институт онкологии, экспериментальной патологии и радиобиологии НАНУ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
КА	— космический аппарат
КИА	— контрольно-измерительная аппаратура
КД	— конструкторская документация
КДИ	— контрольно-доводочные испытания
КНТС	— координационный научно-технический совет
КЭ	— космический эксперимент
ЛОИ	— лабораторно-отрабочные испытания
МКС	— международная космическая станция
НА	— научная аппаратура

НКУ	— наземный комплекс управления
ПК	— персональный компьютер
ПКК	— пилотируемый космический комплекс
РНК	— рибонуклеиновая кислота
РС	— российский сегмент
РТС	— радиотелеметрическая система
ТМИ	— телеметрическая информация
ЦУП	— центр управления полетами
ПСИ	— приемо-сдаточные испытания

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГНЦ РФ-ИМБП РАН

М.П. _____ А.И. Григорьев
«____» _____ 2003 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института ботаники
им. Н.Г. Холодного НАНУ

М.П. _____ С.Я. Кондратюк
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО
Зам. Генерального конструктора
РКК «Энергия»

М.П. _____ А.В. Марков
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО
Главный конструктор направления
ОАО НИК «Курс»

М.П. _____ В.Ю. Добровольский
«____» _____ 2003 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ГРУППУ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

**«Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы
гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»**

(1-ый этап)

Шифр группы КЭ: «Биолаборатория-М»

№ _____

СОГЛАСОВАНО

Председатель секции № 1 КНТС
Росавиакосмоса и РАН «Медико-
биологические проблемы»

М.П. _____ А.И. Григорьев
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО

Руководитель секции Совета по
космическим исследованиям НАНУ-
НКАУ
«Космическая биология, биотехнология и
медицина»

М.П. _____ Е.Л. Кордюм
«____» _____ 2003 г.

СОГЛАСОВАНО

От РКК «Энергия»

Зам. Руководителя НТЦ

А.А. Кузнецов

От поставщиков КЭ (РФ)

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Зав. лабораторией,
д.б.н., профессор

М.Г. Таирбеков

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
д.б.н.

В.С. Оганов

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Вед. науч. сотрудник,
к.м.н.

И.Б. Краснов

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Зав. группой, д.м.н.

Л.Б. Буравкова

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Зав. лабораторией, д.б.н.

Н.Н. Новикова

ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Зав. лабораторией, д.б.н.,
профессор

М.Г. Таирбеков

СОГЛАСОВАНО

От ОАО НПК «Курс»

Зам. начальника отдела

С.В. Деркач

От поставщиков КЭ
(Украина)

КЭ «ЦИТОСКЕЛЕТ»

Институт ботаники НАН Украины
Зав. отделом, д.б.н., профессор
чл.кор. НАНУ

Е.Л. Кордюм

КЭ «ОБЛАСТ»

Институт зоологии НАН Украины
Зав. отделом, д.б.н.

Н.В. Родионова

КЭ «НЕЙРОН»

Институт биохимии НАН Украины
ст.н.с, к.б.н.

Т.А. Борисова

КЭ «МЕССЕНДЖЕР»

Национальный университет «Киево-
Могилянская» академия»
Зав. кафедрой, д.б.н.

В.С. Кравец

КЭ «ВИРУС»

Институт микробиологии и вирусологии
НАН Украины
Зав. отделом, чл.-кор. НАНУ, профессор

Н.С. Дяченко

КЭ «МЕМБРАНА»

Институт ботаники НАН Украины
ст.н.с. к.б.н.

Д.А. Климчук

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений.....	
1. Общие положения.....	
1.1. Полное наименование группы КЭ.....	
1.2. Шифр группы КЭ.....	
1.3. Цель проведения КЭ.....	
1.4. Основание для разработки	
2. Задачи КЭ.....	
2.1. Перечень задач группы КЭ.....	
2.2. Требования к КЭ в отношении объектов исследований.....	
2.3. Число сеансов КЭ в год и количество лет реализации КЭ.....	
2.4. Формы регистрации и качество информации.....	
2.5. Количественный критерий полноты выполнения задач КЭ.....	
3. Требования к аппаратуре.....	
3.1. Наименование и назначение аппаратуры, устанавливаемой на КА.....	
3.2. Поблочный состав.....	
3.3. Требования к характеристикам аппаратуры.....	
3.4. Перечень необходимых макетов, контрольно-измерительной аппаратуры, конструкторской и эксплуатационной документации, входящей в состав поставок.....	
4. Требования к средствам обеспечения сеансов КЭ.....	
4.1. Состав и назначение средств.....	
4.2. Требования к создаваемым средствам, устройствам и сооружениям.....	
5. Требования к наземной подготовке и обработке КЭ.....	
5.1. Основные программные и методические документы по КЭ.....	
5.2. Порядок и сроки разработки, изготовления, испытаний и поставки научной аппаратуры.....	
5.3. Виды автономных испытаний аппаратуры.....	
5.4. Перечень основных работ и сроки подготовки средств наземного обеспечения сеансов КЭ.....	
6. Технические требования к модулю РС МКС по проведению КЭ.....	
6.1. Требования к КЭ.....	
6.2. Требования по обеспечению расходуемыми материалами.....	
6.3. Требования к условиям проведения сеанса КЭ.....	
6.4. Требования к наземному комплексу управления.....	
6.5. Требования к экипажу КА.....	
7. Состав участников КЭ и их обязанности.....	
7.1. Состав участников с украинской стороны.....	
7.2. Состав участников с российской стороны.....	
Приложения: Чертёж общего вида «Биолаборатория М» БЛМ-01 00.00.000 ВО.....	
Схема электрическая общая БЛМ-01 00.00.000 Э6.....	
Научно-техническое обоснование группы КЭ «Биолаборатория-М».....	
Основные условия и особенности проведения экспериментов.....	

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Полное наименование группы КЭ.

«Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»

1.2. Шифр группы КЭ – «Биолаборатория-М»

1.3. Цель проведения КЭ.

Целью проведения группы КЭ является изучение биологии клетки и метаболизма кальция в условиях микрогравитации, выяснение клеточных и молекулярных механизмов гравичувствительности живых систем.

1.4. Основание для разработки.

1.4.1. Общегосударственная (Национальная) космическая программа Украины на 2002–2007 гг.

1.4.2. Решение Совета по космическим исследованиям НАНУ-НКАУ (протокол № 1 от 09.10.2001 г.)

1.4.3. Решение секции КНТС РКА и РАН, протокол № от .

1.4.4. Решение КНТС РКА и РАН, протокол № от .

2. ЗАДАЧИ КЭ.

2.1. Перечень задач КЭ.

Использование установки Биолаборатория-М на борту РС МКС позволит провести 17 различных КЭ, предусмотренных Долгосрочной программой проведения совместных российско-украинских космических экспериментов. На 1-ом этапе эксплуатации Биолаборатории-М предполагается исследовать влияние микрогравитации на биологию клеток бактерий, растений, животных и человека в условиях микрогравитации, а именно:

- метаболизм кальция и цитоскелет в растительных клетках (шифр Цитоскелет)
- структурно-функциональные свойства искусственных фосфолипидных мембран (шифр Нейрон)
- ДНК-геномные вирусы и системы «вирус-клетка» (шифр Вирус)
- остеогенез (шифр Област)
- физико-химические свойства биологических и искусственных мембран (шифр Мембрана)
- функционирование различных путей транедукции сигналов с участием полифосфатилинозитолов (шифр Мессенджер)

В дальнейшем очередность конкретных КЭ, оговоренных Долгосрочной программой, будет определяться степенью их готовности, длительностью экспедиций и совместимостью отдельных КЭ.

2.2. Требования к КЭ в отношении объектов исследований.

Объектами исследований являются культуры органов, тканей, клеток и протопластов, культуры одноклеточных организмов, а также проростки растений, находящиеся в герметичных прозрачных контейнерах. Требования в отношении каждого конкретного КЭ приведены в приложении «Основные условия и особенности проведения экспериментов».

2.3. Число сеансов КЭ в год и количество лет реализации КЭ.

- 2.3.1. Продолжительность отдельных КЭ от 5 до 14 суток.
- 2.3.2. Время занятости экипажа при проведении каждого КЭ не более 2-3 часов.
- 2.3.3. Число сеансов КЭ в год зависит от возможности доставки биологических объектов на РС МКС. Максимальное число сеансов КЭ в год 12.

2.4. Формы регистрации и качество информации.

2.4.1. Отдельные фрагменты проведения КЭ, связанные с участием космонавтов-исследователей, должны фиксироваться на видеокамеру.

2.4.2. Ход проведения КЭ с помощью компьютера, входящего в состав «Биолаборатории М», фиксируется на магнитный носитель, который возвращается на Землю вместе с биологическими объектами.

2.4.3. Биологические объекты, после проведения КЭ, возвращаются на Землю в своих биоконтейнерах для изучения результатов исследований.

Примечание: Способ доставки биоконтейнеров после проведения КЭ и устройство доставки прорабатывается на этапе разработки эскизного проекта.

2.5. Количественный критерий полноты выполнения задач КЭ.

Критериями полноты выполнения задач КЭ являются:

- нормальное функционирование аппаратуры, предназначенной для выполнения КЭ;
- нормальное функционирование контрольно-измерительной аппаратуры и датчиков;
- выполнение в полном объёме программы эксперимента;
- получение необходимой информации, полученной в форме эксперимента, качество фото- и видеоизображений объектов исследований;
- соблюдение технологии сохранения и доставки материалов на Землю.

3. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ.

3.1. Наименование и назначение аппаратуры, устанавливаемой на КА.

Установка «Биолаборатория М» предназначена для проведения 17 биологических КЭ, предусмотренных Долгосрочной Программой проведения совместных российско-украинских космических экспериментов.

3.2. Поблочный состав.

3.2.1. Термостат, предназначенный для создания внутри замкнутого рабочего объёма условий, необходимых для проведения биологических экспериментов (температуры, искусственной гравитации, освещённости и времени проведения эксперимента).

3.2.2. Технологический блок, предназначенный для подключения Биолаборатории-М к системам жизнеобеспечения МКС, управления ходом эксперимента с помощью собственного ПК и выполнения различного рода работ, связанных с выполнением КЭ.

3.2.3. Транспортное устройство, предназначенное для доставки и хранения на МКС биологических объектов, предназначенных для проведения КЭ. Возврат биологических объектов на Землю оговаривается программой каждого отдельного КЭ.

Примечание: Схема электрическая общая и чертёж общего вида Биолаборатории М приведены в приложении.

3.2.4. Зона обслуживания всех трёх блоков «Биолаборатории М» ограничивается передними панелями этих блоков.

3.2.5. Расположение блоков в пространстве относительно друг друга не ограничивается чертежом общего вида и может согласовываться на этапе разработки штатных образцов.

3.2.6. Термостат и транспортное устройство, с помощью электрических кабелей,

подключается к технологическому блоку, который в свою очередь должен подключиться к системе жизнеобеспечения МКС.

3.2.7. Термостат и транспортировочное устройство имеет собственные системы принудительной вентиляции, которые расположены на задних или боковых стенках этих блоков и имеют жалюзи в верхних и нижних плоскостях корпусов, для обеспечения прохождения воздушных потоков.

3.2.8. Максимальный размер зоны обслуживания каждого из блоков «Биолаборатории М» от привалочной плоскости их крепления на МКС до открытых технологических люков или дверей не должны превышать соответственно:

термостат — 750 мм;

технологический блок — 450 мм;

транспортировочное устройство — 500 мм;

Примечание: Габаритные размеры блоков, входящих в состав «Биолаборатории М» могут уменьшаться в процессе разработки эскизного проекта.

3.3. Требования к характеристикам аппаратуры.

3.3.1. Диапазон поддержания температуры в рабочем объеме термостата от +20°C до +40°C.

3.3.2. Точность поддержания температуры в рабочем объеме термостата $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

3.3.3. Диапазон поддержания искусственной гравитации, создаваемой в центрифуге, g, от 0 до 2.

3.3.4. Дискретность установки величины гравитации, g, 0,1.

3.3.5. Величина температуры, поддерживаемой в холодильнике +4°C.

3.3.6. Точность поддержания температуры в холодильнике $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

3.3.7. Величина температуры, поддерживаемой в морозильнике – 15°C.

3.3.8. Точность поддержания температуры в морозильнике $\pm 1^\circ\text{C}$.

3.3.9. Блоки Биолаборатории-М должны работать от сети постоянного тока напряжением 28,5^{+0,5}_{-5,5}V и обеспечивать защиту каналов питания от токов перегрузки и коротких замыканий.

3.3.10. Габариты передних панелей всех блоков Биолаборатории-М не превышают 650 x 450 мм.

3.3.11. Глубина любого из блоков не превышает 500 мм.

3.3.12. Объем Биолаборатории-М не более 0,3 м³.

3.3.13. Общая масса Биолаборатории-М не должна превышать 80 кг.

3.4. Перечень необходимых макетов, контрольно-измерительной аппаратуры, конструкторской и эксплуатационной документации, входящей в состав поставок.

3.4.1. В состав поставки должен быть предусмотрен полный электрический макет установки, для комплексного её испытания в составе макета станции.

3.4.2. Вся НА должна соответствовать требованиям документов: SSP50094, SSP41163, SSP50146 и ПЗ4240-515 (ИТТ на КЦН РС МКС).

4. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕАНСОВ КЭ.

4.1. Состав и назначение средств выполнения контрольных измерений и обработки материалов, полученных при проведении КЭ.

4.1.1. Контрольные измерения представляют собой параллельное проведение контрольного биологического эксперимента на территории постановщика эксперимента.

4.1.2. Обработка полученных материалов после их возвращения на Землю так же проводится на базе постановщика эксперимента.

4.2. Требования к создаваемым средствам.

4.2.1. Время по монтажу «Биолаборатории М» на борту РС МКС после её доставки не регламентируется.

4.2.2. Продолжительность проведения отдельных сеансов КЭ от 5 до 24 суток. Начало проведения каждого отдельного КЭ по отношению ко времени доставки биообъектов определяются в приложении «Основные условия и особенности проведения экспериментов».

4.2.3. Для космонавта-исследователя, проводящего КЭ на борту РС МКС необходим помощник для фиксации рабочих фрагментов на видеокамеру.

4.2.4. Проведение КЭ на борту РС МКС определяется программой защитой на магнитном носителе, доставляемом вместе с биологическими объектами и контролируется ПК, входящим в состав «Биолаборатории М». Поэтому связь экипажа во время проведения КЭ с Землей не регламентируется.

5. ТРЕБОВАНИЯ К НАЗЕМНОЙ ПОДГОТОВКЕ И ОТРАБОТКЕ КЭ.

5.1. Основные программные и методические документы по КЭ.

При подготовке КЭ должны быть разработаны следующие программные и методические документы:

- программа лабораторно-отрабочных испытаний (ЛОИ);
- программа контрольно-доводочных испытаний (КДИ);
- программа и методика проведения КЭ на борту РС МКС;
- программа заводских испытаний;
- программа подготовки экипажа и наземного персонала по проведению КЭ;
- программа комплексных испытаний (разрабатывает РКК Энергия);

5.2. Порядок и сроки разработки, изготовления, испытаний и поставки научной аппаратуры:

5.2.1. Порядок, сроки разработки, изготовления, испытания и поставки НА определяется графиком работ по подготовке и реализации группы КЭ «Биолаборатории-М». Сроки выполнения этапов могут изменяться в ходе их выполнения.

5.3. Виды автономных испытаний аппаратуры.

5.3.1. Лабораторно-отрабочные испытания (ЛОИ) предназначены для проверки правильности схемных и конструкторских решений, определения соответствия параметров аппаратуры требованиям ТЗ.

5.3.2. Для проведения ЛОИ необходимо изготовить электрический макет Биолаборатории М для полного её испытания на макете РС МКС.

5.3.3. Контрольно-доводочные испытания (КДИ) предназначены для проверки соответствия аппаратуры требованиям КД, проверки работоспособности на предельных режимах эксплуатации (в т.ч. при транспортировке на штатных средствах доставки) и подтверждения назначенного ресурса, а также определения технического ресурса и проверки запасов работоспособности за пределами требований КД.

5.3.4. Для проведения КДИ необходимо изготовить опытный образец Биолаборатории-М и имитатор бортовой сети РС МКС.

5.3.5. Автономные комплексные испытания в составе РС МКС, предназначенные для проверки работоспособности аппаратуры и интерфейсной совместимости с системой управления ИУС РС МКС.

5.3.6. Для проведения автономных комплексных испытаний необходимо изготовить штатные образцы Биолаборатории М. Тренажёром для экипажа может служить один из

штатных образцов «Биолаборатории М».

5.4. Перечень основных работ и сроки подготовки средств наземного обеспечения сеансов КЭ.

Требования к основным работам и срокам подготовки наземного обеспечения КЭ не предъявляются.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОДУЛЮ РС МКС ПО ПРОВЕДЕНИЮ КЭ.

6.1. Требования к КА.

6.1.1. Требования к конструкции КА, обеспечивающие эксплуатацию НА при проведении экспериментов.

6.1.1.1. Конструкция КА должна обеспечивать размещение и закрепление блоков Биолаборатории М внутри ГО.

6.1.1.2. Величина поля зрения должна быть достаточной для визуального наблюдения за аппаратурой и проведения манипуляций, связанных с обслуживанием Биолаборатории М; для выполнения экспериментов требуется техническое обслуживание Биолаборатории М космонавтом-исследователем.

6.1.1.3. Размещение Биолаборатории М внутри КА должно обеспечивать возможность управления в ручном режиме.

Примечание: передача на Землю научной информации по каналу телеметрии — не оговаривается.

6.1.2. Требования к условиям функционирования НА в полете.

6.1.2.1. Специальных требований к условиям функционирования аппаратуры и к тепловому режиму в полёте не предъявляется.

6.1.2.2. Электропитание Биолаборатории-М обеспечивается напряжением $28,5^{+0,5}_{-5,5}$ В, общей мощностью не более 200 Вт. При этом потребление термостатом не более 30 Вт, транспортировочным устройством, в рабочем режиме $+4^{\circ}\text{C}$ не более 40 Вт, а в рабочем режиме -15°C не более 120 Вт. А потребление технологического блока не более 10 Вт.

6.1.2.3. Потребление электропитания «Биолаборатории М» в процессе проведения КЭ представляет собой циклический характер:

- до начала проведения КЭ — не более 40 Вт;
- в процессе проведения КЭ — не более 80 Вт;
- после завершения КЭ (в процессе хранения биологических объектов) — не более 120 Вт.

Примечание: график потребления электропитания разрабатывается на этапе выполнения рабочей документации.

6.1.2.4. Химические реактивы для проведения «фиксации» роста биологических объектов находятся в специальных ампулах внутри герметичных биоконтейнеров.

6.1.2.5. Средства хранения биоконтейнеров должны иметь трёхступенчатую барьерную защиту от окружающей среды.

6.1.3. Требования к установке НА в модуле РС МКС.

6.1.3.1. Блоки и отдельные приборы и устройства, входящие в состав Биолаборатории-М, монтируются экипажем на РС МКС в следующем порядке:

- распаковка доставленного оборудования — 0.5 час;
- монтаж оборудования на РС МКС — 1 час;
- подготовка рабочего места — 0.5 час;

- подключение аппаратуры к системам электропитания — 0.5 час;
- проведение тестовых проверок — 0.5 час.

6.2. Требования по обеспечению расходуемыми материалами.

6.2.1. Состав материалов, расходуемых при работе НА.

Для проведения конкретного эксперимента биологический объект доставляется на борт РС МКС в герметичном биоконтейнере транспортировочным устройством, в котором одновременно доставляется магнитный носитель для ПК с записью программы проведения этого эксперимента.

6.2.2. Перечень возвращаемых на Землю материалов, получаемых в процессе КЭ. После завершения КЭ на Землю возвращаются все привезённые ранее биоконтейнеры и магнитный носитель, на котором записан ход проведения эксперимента, и видеоинформация (если это заложено в программе эксперимента).

6.2.3. Требования к периодичности и способу доставки восполняемых материалов — не предъявляются.

6.2.4. Требования к сохранности возвращаемых материалов.

Требования к сохранности возвращаемых материалов изложены в программе каждого отдельного эксперимента и обеспечиваются аппаратурой, входящей в состав Биолаборатории-М, а также техническими параметрами транспортировочного устройства.

6.3. Требования по условиям проведения сеанса КЭ.

6.3.1. Требования к внешним условиям — не предъявляются.

6.3.2. Требования к орбите и точности знания места положения КА при проведении сеанса КЭ — не предъявляются.

6.3.3. Требования по наведению осей визирования в сеансе эксперимента — не оговариваются.

6.3.4. Требования по временным характеристикам проведения сеансов КЭ обуславливаются программой проведения конкретного эксперимента.

6.3.5. Требование к точности привязки научной информации к системе единого времени — не оговаривается.

6.3.6. Основные операции, выполняемые экипажем в процессе проведения КЭ:

- установить доставленное на РС МКС транспортировочное устройство в соответствующий блок и подключить его к бортовому питанию;
- включить аппаратуру, входящую в состав Биолаборатории-М, и с помощью специализированного ПК в диалоговом режиме проверить работоспособность комплекса;
- извлечь магнитный носитель из доставленного транспортировочного устройства и установить его в ПК;
- вывести записанную программу проведения эксперимента на монитор ПК и далее выполнять работы в соответствии с этой программой.

Примечание. В число операций, выполняемых членом экипажа, в частности, должны входить:

- извлечение биоконтейнеров из транспортировочных устройств и установка их в термостат центрифуги,
- проведение различных манипуляций с биоконтейнерами в процессе проведения КЭ или после его завершения в соответствии с программой эксперимента,
- установка биоконтейнеров в транспортировочное устройство после проведения КЭ и дальнейшая отправка их на Землю.

6.4. Требования к наземному комплексу управления (НКУ).

6.4.1. Задачи комплекса при проведении КЭ не регламентируются.

6.4.2. Требования к осуществлению контроля проведения сеансов КЭ ограничиваются записью проведения КЭ на магнитный носитель ПК Биолоборатории М и проведению контрольных КЭ на одном из штатных образцов Биолоборатории М в наземных условиях.

6.5. Требования к экипажу КА.

6.5.1. Требования к подготовке экипажа.

Члены экипажа КА должны изучить программу проведения экспериментов, освоить аппаратуру, входящую в состав Биолоборатории-М, и провести наземные тренировочные биологические эксперименты совместно с постановщиками КЭ. При проведении эксперимента экипаж должен точно выполнять все предписания, изложенные в бортовой инструкции, а также указания специалистов, поступающие из ЦУП-М.

6.5.2. Состав учебно-тренировочных средств.

В состав учебно-тренировочных средств может входить один из штатных образцов Биолоборатории-М, прошедший биотехнические испытания, и набор биологических объектов, подготовленных постановщиками КЭ.

6.5.3. Порядок подготовки экипажа к проведению КЭ.

Порядок подготовки членов экипажа к проведению КЭ должен быть определен на стадии испытания опытного образца Биолоборатории-М. Объем подготовки экипажа и количество отводимого для этих целей времени уточняется постановщиком эксперимента по согласованию с РГНИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Для обучения экипажа должно быть запланировано не менее 6–8 занятий по 1.5 часа каждое.

7. СОСТАВ УЧАСТНИКОВ КЭ И ИХ ОБЯЗАННОСТИ.

7.1. Участники КЭ с украинской стороны и их обязанности:

7.1.1. Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Цитоскелет» и «Мембрана», разрабатывает ТЗ и программу на группу КЭ «Биолоборатория-М». Отвечает за работу с субподрядчиком (НПП «Дисковые системы», г. Киев), разработку и поставку комплекса аппаратуры, входящей в состав «Биолоборатории-М». Разрабатывает методическое обеспечение 2-х КЭ, проводит обучение космонавтов. Готовит материал для КЭ, проводит наземные контрольные эксперименты, обработку и анализ полученных результатов, выпуск отчетов, подготовку совместных публикаций.

7.1.2. Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Нейрон», разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.3. Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Вирус» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.4. Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Област» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.5. Национальный университет «Киево-Могилянская академия» (г.Киев) — постановщик КЭ «Мессенджер» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.2. Участники КЭ с российской стороны и их обязанности:

7.2.1. РКК «Энергия» им. С.П. Королева — обеспечивает согласование технической документации; согласование программы КЭ, выпуск методики КЭ по научно-методической записке поставщиков эксперимента, выпуск бортовой документации; привязку аппаратуры к месту её размещения, а также участие в ПСИ и предполётных испытаниях аппаратуры, обеспечения электроиспытаний на КС; доставку и размещение аппаратуры на РС МКС; участие в подготовке КЭ, реализацию КЭ на РС МКС; контроль за работоспособностью аппаратуры, задействованной в КЭ доставку результатов проведения КЭ на Землю и выпуск экспресс-отчётов.

7.2.2. РГНИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина — обеспечивает базу и условия для обучения и подготовки космонавтов к проведению КЭ, отработка на макете «Биолаборатории-М» всех манипуляций и приемов, которые будут проводиться в условиях полета, не позднее, чем за 8 месяцев до старта соответствующего экипажа экспедиции.

7.2.3. ГНЦ РФ-ИМБП РАН — участие в подготовке и постановке всех шести КЭ, участие в подготовке космонавтов, обеспечение на своей территории наземной отработки контрольных КЭ, получение первичной информации с борта МКС и передача её постановщикам КЭ, участие в обработке экспериментальных материалов и в выпуске отчетной документации.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГРУППЫ КЭ «БИОЛАБОРАТОРИЯ-М»

1. Сущность исследуемой проблемы

Исследуемая проблема относится к области гравитационной клеточной биологии и заключается в познании механизмов гравичувствительности клетки как основы для выяснения возможностей роста, развития и репродукции организмов в условиях отсутствия силы тяжести и, таким образом, решения общебиологической проблемы — роли гравитации в функционировании биосферы, и прикладных задач космической биологии.

2. Краткая история и состояние вопроса в настоящее время

В результате комплексных исследований бактерий, низших и высших растений, животных и растительных клеток в культуре *in vitro*, которые находились в активном физиологическом состоянии в течение космических экспериментов, проводившихся на протяжении 25 лет с использованием цитологических, биохимических, биофизических и молекулярно-биологических методов, были установлены существенные изменения метаболизма и структурной организации клеток различных типов — специализированных гравирецепторных и не специализированных к восприятию гравитации, что привело к открытию гравичувствительности клетки.

Открытие гравичувствительности клетки привлекло внимание к выяснению механизмов биологических эффектов микрогравитации на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях. На основе экспериментальных данных был сделан вывод о том, что пролиферирующие и активно метаболизирующие клетки являются наиболее чувствительными к влиянию измененной гравитации. Одновременно эта концепция вызвала ряд вопросов: 1) какие первичные события вызывают изменения метаболизма в условиях микрогравитации, 2) какие вторичные мессенджеры могут принимать участие в передаче первичных сигналов микрогравитации, 3) изменяется ли генная экспрессия в условиях микрогравитации, 4) какие особенности регуляции клеточного метаболизма имеют место в условиях микрогравитации, 5) почему углеводный и липидный обмены являются наиболее чувствительными к действию микрогравитации, 6) изменяются ли параметры клеточного цикла и пролиферативная активность в условиях микрогравитации и 7) каким образом изменения клеточного метаболизма интегрируются в физиологические ответы, непосредственно связанные с функционированием клеток разных типов. В поисках ответа на эти вопросы была сформулирована гипотеза гравитационной декомпенсации. Согласно этой гипотезе, в условиях микрогравитации происходят перестройки физико-химических свойств цитоплазматической мембраны, индуктором которых может выступать при существенном снижении или отсутствии гидростатического давления изменения вклада поверхностного натяжения в напряженность цитоплазматической мембраны. Перестройки физико-химических свойств мембраны вызывают изменения в ее проницаемости, функционировании рецепторов, активности мембраносвязанных ферментов, что приводит в свою очередь к изменениям метаболизма и проявляется в конечном счете в физиологических ответах клеток и организмов на действие микрогравитации.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Для ответа на поставленные вопросы необходимо проведение новой серии экспериментов в условиях микрогравитации с обязательным полетным контролем 1 g и адекватными задачам экспериментов объектами и методами исследования.

4. Краткое описание КЭ.

Проведение группы космических экспериментов планируется в установке «Биолаборатория-М», обеспечивающей постоянные температурные условия и возможность создания на борту 1 g в качестве полетного контроля, без чего в настоящее время невозможны исследования влияния микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях. Подготовка космических экспериментов предусматривает проведение предварительных наземных экспериментов в стандартных условиях культивирования исследуемых объектов, в условиях клиностатирования, позволяющего частично воспроизводить биологические эффекты микрогравитации, и с использованием космического оборудования для отработки всех деталей протоколов космических экспериментов, отработки методов анализа экспериментального материала и его исследований, составления банка данных, полученных в наземных условиях для последующего сравнения с данными космических экспериментов, а также составление оперативных программ каждой экспедиции (не менее, чем за год до ее осуществления), которые координируют действия участников экспериментов в получении и обработке экспериментальных материалов для наибольшей эффективности дорогостоящих космических экспериментов по получению новой научной информации. Для избежания влияния перегрузок при подъеме космического корабля материал должен доставляться на борт в охлажденном или покоящемся состоянии, так что эксперименты начинаются спустя определенное время после подъема. По окончании эксперимента материал фиксируется или замораживается и в таком виде может находиться определенное время на борту перед доставкой на Землю; часть материала доставляется на Землю в охлажденном виде, для чего после окончания эксперимента образцы помещаются в холодильник и находятся там до спуска. В течение ряда экспериментов предполагается фото- и видеосъемка объектов. Большинство операций по управлению экспериментом предполагается проводить в автоматическом режиме. С участием всех исполнителей составляется протокол эксперимента, согласно которому осуществляется подготовка космонавтов к проведению необходимых манипуляций с объектами.

Для исследований влияния микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях подобраны разнообразные модельные системы, в частности, искусственные фосфолипидные (липосомы) и биологические мембраны, растительные клетки с верхушечным ростом, фотосинтезирующие клетки, эндокринные клетки различного типа, нейриты и их рост, изолированные центральные и периферические нейроны, одноклеточные и ценобиальные водоросли, протонема мхов, опухолевые клетки растительного и животного происхождения, трансформированные нервные клетки в процессах пролиферации и дифференциации при действии фактора роста нервов, а также корончатые галлы, индуцированные *Agrobacterium tumefaciens*, процессы их индукции и эффективности действия противоопухолевых препаратов.

5. Ожидаемые результаты и их предполагаемое использование

Выполнение этой группы экспериментов позволит получить оригинальную научную информацию о гравитазависимых базовых клеточных процессах, приблизиться к выяснению механизмов гравиточувствительности клетки и, таким образом, к пониманию роли постоянно действующей на Земле силы тяжести в функционировании живых систем. Полученные фундаментальные знания необходимы также для разработки эффективных космических клеточных биотехнологий в интересах биологической науки, медицины и сельского хозяйства.

6. Новизна, оценка качественного уровня по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными исследованиями; ожидаемый эффект от проведения КЭ.

Основу группы КЭ составляет разностороннее экспериментальное тестирование оригинальных теоретических представлений о гравичувствительности клетки, что обусловило

новый подход к планированию направленности и последовательности космических экспериментов с использованием уникальных возможностей микрогравитации.

7. Перечень коммерческих сведений.

Получение принципиально новых знаний, публикация результатов КЭ в престижных научных журналах и презентация на соответствующих научных форумах, использование фундаментальных знаний в прикладных разработках.

Руководитель группы КЭ

Е.Л. Кордюм

Научно-техническое обоснование КЭ ЦИТОСКЕЛЕТ

«Влияние микрогравитации на метаболизм кальция и цитоскелет в растительных и животных клетках различного типа»

1. Сущность исследуемой проблемы

Открытие гравичувствительности клетки поставило три основных, тесно взаимосвязанных вопроса: каковы механизмы воздействия микрогравитации на клетки, как различного типа клетки воспринимают гравитацию и каковы возможности и механизмы адаптации клеток к этому фактору, вызывающему изменения в таких физических параметрах как седиментация, конвекция, капиллярность, гидростатическое давление и поверхностное натяжение. В поисках ответа на эти вопросы особого внимания заслуживает цитоскелет, представляющий собой систему актиновых микрофиламентов и тубулиновых микротрубочек и принимающий непосредственное участие в перемещении органелл и внутриклеточном транспорте веществ, митозе и цитокинезе, движении цитоплазмы и клеток. Характерной особенностью цитоскелетных структур является их высокая динамичность, что предполагает также роль цитоскелета как индикатора клеточных функций определяющих гравичувствительность клеток. Элементы цитоскелета способны к быстрым перестройкам в ответ на слабые сигналы, поступающие извне, и незначительные изменения условий внешней среды. Особую чувствительность цитоскелет проявляет к механическим воздействиям, что, очевидно, свидетельствует о тесной связи цитоскелетных элементов с механорецепторами, расположенными на цитоплазматической мембране. Известно, что в клетках животных соединение актиновых микрофиламентов и интегральных белков мембраны осуществляется в специфических доменах интегральных белков мембраны с помощью белков тенсина, винкулина или а-актинина. Со стороны внеклеточного матрикса к этим доменам присоединены белки фибронектин и витронектин. Предполагается наличие у растений также связи между цитоплазматической мембраной, цитоскелетом и клеточной стенкой, в которой задействованы интегрин-подобные белки, что обеспечивает неразрывность внешних и внутренних компонентов клетки, благодаря чему интегрин-подобные белки участвуют в передаче механического сигнала через периферию клетки. Выявлены специфические связи тубулиновых микротрубочек в клетках животных с белками, ассоциированными с передачей сигнала через цитоплазматическую мембрану и допускается ее существование и у растений. Показано также, что структурные изменения актинового цитоскелета индуцируют активацию механочувствительных кальциевых каналов в цитоплазматической мембране, что ведет к повышению концентрации ионов кальция в цитозоле. А, как известно, ведущую роль в регуляции состояния (полимеризация/деполимеризация актина и тубулина) выполняют ионы кальция. Поэтому предполагается, что динамические факторы космического полета, прежде всего, резкое снижение величины силы тяжести (микрогравитация) способны вызывать обратимые изменения в цитоскелете, что позволит выявить в космическом эксперименте степень гравизависимости элементов цитоскелета в динамике их участия в основных процессах жизнедеятельности клетки, в первую очередь, ее гравичувствительности и гравирецепции.

2. Краткая история и состояние проблемы в настоящее время.

Концепция гравитационного гомеостаза, выдвинутая Насе в 1983 г., была первой концепцией, согласно которой стабильное положение и оптимальная ориентация клеток в гравитационном поле определяется состоянием механического напряжения внутриклеточных элементов (микротрубочек и микрофиламентов), составляющих цитоскелет, и целостностью клеточных мембран. Цитоскелет, его механические характеристики, функциональная активность и биохимические свойства рассматриваются М.Г. Таирбековым (1990) в качестве интегрального неспециализированного

гравирецептора клетки. Существенная роль в стабильности пространственно-временной организации клеток в гравитационном поле отводится цитоскелету в ряде других концепций гравичувствительности клеток: статической стимуляции (Sievers et al., 1991), пассивной гравистимуляции (Barlow, 1992), ограниченной гравичувствительности (Baluska and Hasenstein, 1997) и др. Предполагается, что полярность специализированных гравирецепторных клеток корня устанавливается и поддерживается кортикальными микротрубочками и актиновыми микрофиламентами. Установлено, что элементы цитоскелета вовлечены в поддержание структурной полярности гравичувствительных клеток с верхушечным ростом. К сожалению, имеющиеся достаточно серьезные теоретические представления о роли цитоскелета в гравичувствительности клеток очень слабо подкреплены фактическим материалом, полученным в космических экспериментах, поскольку в настоящее время имеются только единичные исследования влияния измененной силы тяжести, прежде всего, микрогравитации на молекулярную организацию и функциональную активность цитоскелетных структур. В определенной мере это было связано как с ограниченными возможностями его изучения в условиях космического полета, так и с общими трудностями изучения организации цитоскелета растительных клеток. В последнее время, наряду с использованием окраски родамин-фаллоидином, в исследованиях цитоскелета широко используются антитела к актину, тубулину и разнообразными, ассоциированными с ними белков, что позволяет специфически выявить отдельные компоненты цитоскелетной сети. Применение антител дает возможность визуализировать как трехмерную организацию цитоскелета (уровень световой микроскопии), так и более детальное расположение его составных компонентов, а также детализировать контакты с органеллами (уровень электронной микроскопии). Для определения функций отдельных составных цитоскелета используются стабилизаторы филаментной формы и ингибиторы полимеризации цитоскелетных белков как цитохалазины (А, Б) и латрункулины (А, Б) для актина, а также таксол, оризалин и амипрофос-метил для тубулина. Имеющийся у постановщиков эксперимента «Цитоскелет» опыт в постановке космических экспериментов, а также в проведении исследований цитоскелета растительных и животных клеток в наземных условиях позволит обеспечить эффективность реализации предлагаемого совместного эксперимента.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Эксперимент «Цитоскелет» включен в первоочередную серию экспериментов в установке «Биолаборатория-М» «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на Российском сегменте МКС».

4. Краткое описание КЭ (схема его проведения, особенности НА, принципиальные требования к проведению, определение качества получаемой информации)

Целью эксперимента является изучение влияния микрогравитации на цитоскелетные структуры растительных и животных клеток и получение экспериментальных данных об участии цитоскелета в гравичувствительности клетки. Согласно поставленным задачам эксперимента в качестве объектов исследования выбраны культуры животных и растительных клеток, популяция одноклеточных свободноплавающих простейших и проростки растений (апексы корней). Объекты доставляются на борт в охлажденном состоянии (+4°C) и помещаются в термостат с температурой 24°–26°C в условиях микрогравитации и на центрифугу с 1 g (контроль). Длительность эксперимента может быть от 6 до 12 суток. В течение эксперимента предусматриваются видеосъемка объектов (2 раза), химическая фиксация объектов в установке (в середине эксперимента и после его окончания) и замораживание образцов (одновременно с химической фиксацией) в морозильнике (–15°C). Установка «Биолаборатория-М» позволяет проводить эксперименты в контролируемом термостатируемом режиме, использовать в качестве контроля бортовую центрифугу, и проводить видеосъемку. Принципиальными

требованиями к проведению, определяющими качество получаемой информации, являются стабильность термостатируемого режима и бесперебойное вращение центрифуги. Анализ послеполетных и наземных образцов биоматериала будет проводиться российскими и украинскими специалистами согласно поставленным задачам: исследования локализации и структуры актиновых микрофиламентов и тубулиновых микротрубочек в клетках без и с добавлением в среду модификаторов полимеризации актина и тубулина, определение изоформ актина и тубулина и на основании полученных данных воспроизведение трехмерной структуры цитоскелета в условиях микрогравитации и 1 g с помощью компьютерных программ.

5. Ожидаемые результаты и их предполагаемое использование (с указанием областей применения)

Эксперимент «Цитоскелет» является частью общей программы исследований, выполняемых совместно российскими и украинскими специалистами, участвующими в разработке и обосновании представлений о молекулярных механизмах гравичувствительности клетки и, в частности, гравирецепции. Результаты экспериментальных исследований по эксперименту «Цитоскелет» должны послужить подтверждением участия цитоскелетных структур в гравичувствительности клетки, процессах восприятия и реализации гравитационного импульса в клетке. Кроме того, эти данные позволят получить новые доказательства прямого (непосредственного) влияния гравитации на клетку в процессах ее жизнедеятельности, репродукции и алаптации, что составит экспериментальную основу для разработки новых фундаментальных представлений о гравизависимости биологических процессов в области гравитационной, клеточной и молекулярной биологии, физиологии и биохимии, а также результаты эксперимента представят интерес для медицины, в том числе космической.

6. Новизна, оценка качественного уровня по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными исследованиями, ожидаемый эффект от проведения КЭ

Эксперимент «Цитоскелет» по своей методологии не имеет аналогов в отечественной и зарубежной космической биологии, что дает основание ожидать от его реализации получение принципиально новых научных знаний. Его высокий качественный уровень обеспечивается постановкой оригинальных задач, соответствующими условиями проведения эксперимента и комплексом современных методов анализа экспериментального материала.

Руководитель эксперимента со стороны России Зав. лабораторией ГНЦ РФ — Института медико-биологических проблем РАН докт. биол. наук М.Г. Таирбеков

Руководитель эксперимента со стороны Украины
зав. отделом Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
докт. биол. наук, проф.

Е.Л.Кордюм

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КЭ «МЕМБРАНА»

1. Сущность исследуемой проблемы.

Биологические мембраны представляют собой главный инструмент регуляции клеточного метаболизма. Биологические мембраны являются неотъемлемым компонентом всех без исключения клеток и внутриклеточных органелл. По современным данным биологические мембраны имеют сложную гетерогенную структуру, и представляют собой гликофосфолипидный димер, в который включены агрегаты белковых молекул, определяющие ее основные свойства. В норме, биологическая мембрана находится в квазикристаллическом состоянии и по своим механическим свойствам напоминает вязкоупругое тело. Отсюда ясно, что изменение напряженности механического поля, обусловленное сдвигом величины или направления вектора силы тяжести, может привести к нарушению механических свойств мембраны, а, следовательно, оказать влияние на морфо-функциональный статус клетки.

Известно, что функционирование растительных организмов в условиях микрогравитации сопровождается спектром перестроек, как на уровне клеток, так и всего организма, механизмы которых полностью не изучены. Вместе с тем, численная литература свидетельствует, что первичные перестройки в структурно-функциональной организации растительных клеток при экстремальном действии факторов внешней среды происходят на мембранном уровне и особенности на уровне плазматических мембран. Плазматическая мембрана, известно, участвует в обмене веществ между клеткой и окружающей средой, координирует синтез и сборку целлюлозных микрофибрилл клеточной оболочки, передает гормональные и внешние сигналы, которые контролируют рост и дифференциацию клеток. Эти функции в значительной степени определяются специфическими молекулами, такими как рецепторы, ферментные белки. Функционирование рецепторов и ферментов регулируется физическими свойствами среды, в которой они находятся — липидного окружения. Липидный бислой ПМ выполняет функцию структурной основы, матрицы для белковых молекул-ферментов, ионных каналов и рецепторов, барьерную функцию для ионов и гидрофильных молекул. Отмеченные функции нарушаются при действии стрессовых факторов, и, допускается, что, и условия микрогравитации могут повлечь за собой структурно-функциональные перестройки ПМ. Идентификация последних является важной для понимания адаптационных механизмов растительных клеток к условиям микрогравитации.

Одной из первичных неспецифических реакций клеток и органов тканей на воздействие неблагоприятных факторов является активация перекисного окисления липидов (ПОЛ). Активация ПОЛ сопровождается перестройками физико-химических характеристик мембран, в частности изменениями их жирнокислотного состояния, вязкости, активности мембраносвязанных ферментов, что, в конечном итоге, сказывается на функциональной активности клеток в целом. Интенсивность ПОЛ и связанный с ней уровень перестроек физико-химических характеристик мембран, отмеченных выше, в значительной степени определяется состоянием клеточных систем защиты от окислительной деструкции. Последние включают низкомолекулярные и ферментативные компоненты, в частности супероксиддисмутазу, каталазу, пероксидазу. В связи с этим, изучение интенсивности ПОЛ, особенно в связи с предполагаемым его участием в перестройках физико-химического состояния ПМ является важным в условиях микрогравитации.

2. Краткая история и состояние исследований в настоящее время.

Среди численной литературы посвященной исследованию физико-химических свойств мембран при действии разнообразных биотических и абиотических факторов нам известны одиночные сведения, касающиеся структурно-функциональной организации ПМ в условиях измененной силы притяжения. В определенной степени это обусловлено трудностью адаптации экспериментальных методов исследования биологических мембран

к требованиям проведения экспериментов в условиях микрогравитации. В то же время, данные, полученные в эксперименте с модельными мембранами, подтверждают актуальность исследования роли мембран в ответе клеток растений на условия измененной силы тяжести. Так, активность аламетоциновых каналов в условиях микрогравитации составляла менее 10 % наземного контроля (Hanke, 1996).

О структурно-функциональных изменениях биологических мембран в условиях измененной силы тяжести свидетельствуют данные, полученные также в Институте ботаники НАН Украины. Фракции ПМ проростков гороха, которые выращивались в условиях клиностатирования, характеризовались (Polulakh et al., 1989) повышенным уровнем ПОЛ, изменениями жирнокислотного состава при сравнении со стационарным контролем. Интенсивность ПОЛ в условиях измененной силы тяжести изучалась в клетках хлореллы, культуры ткани гаплопаппуса и корней гороха (Жадько, 1991). Среди клеточных органелл объектами исследований служили митохондрии, пероксисомы и цитоплазматическая мембрана корней гороха. Однако, отсутствуют данные о возможном участии активации ПОЛ в перестройках физико-химического состояния мембран, в частности липидного и жирнокислотного состава, вязкости, проницаемости ПМ и активности мембранно-связанных ферментов. Антиоксидантная система изучалась также только на основании измерения общего количества низкомолекулярных компонентов системы защиты; данные относительно активности ферментативных компонентов (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза) отсутствуют. В связи с этим, целесообразно комплексное изучение уровня ПОЛ и состояния антиоксидантной защиты клеток растений в связи с их возможным участием в перестройках ПМ в условиях измененной силы тяжести.

Нарушение липидного состава ПМ приводит к изменениям транспортных процессов, зависящих от электрохимического градиента, который определяется функционированием H^+ -АТФазы. Поскольку этот фермент является липид-зависимым, его молекулярная активность определяется микровязкостью непосредственного фосфолипидного окружения. Поэтому активность H^+ -АТФазы является важным показателем структурно-функциональной организации ПМ, будет также предметом нашего исследования.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Для проведения экспериментальных исследований планируется использовать пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностат и центрифугу.

Планируется разработать малогабаритный и простой в эксплуатации бортовой прибор, с помощью которого можно будет проводить комплекс предусмотренных программой измерения физико-химических и биомеханических параметров искусственных и биологических мембран. Данный прибор будет включен в состав бортового комплекса «Биолаборатория», разрабатываемого украинскими специалистами и предназначенного для проведения исследований по клеточной биологии на борту Российского Сегмента международной космической станции.

Кроме того, предусматривается возможность изготовления прибора с программным управлением позволяющего его использование для проведения экспериментов в полете автоматических космических аппаратов типа «БИОН» и «ФОТОН». В обоих случаях предполагается включение прибора к бортовому компьютеру. Таким образом, управление прибором может осуществляться в полуавтоматическом режиме или быть полностью автономным.

4. Краткое описание КЭ (схема его проведения, особенности НА, принципиальные требования к проведению, определяющие качество получаемой информации).

Для изучения структуры и функций ПМ необходимо получение мембранных фракций достаточно чистых и обогащенных фрагментами цитоплазматических мембран.

Планируется выделение ПМ при помощи водно-полимерных систем, метода, который основывается на выборочном концентрировании мембранных везикул в одной из фаз и происходит благодаря незначительным отличиям в энергиях взаимодействия их поверхности с полимерными компонентами фаз. Распределение между фазами обусловлено как природой и свойствами полимеров, которые образуют фазы, так и свойствами мембранных везикул: площадью поверхности, ее структурой, электрическим зарядом, поверхностными реакционными центрами. Особое внимание будет направлено на определение чистоты мембранных фракций при помощи маркерных ферментов и электронной микроскопии. Также будут проводиться тесты на ориентацию везикул ПМ с помощью детергентов. Для получения фракций ПМ планируется использовать клетки каллусных культур, а также первичные корни проростков. Выращенный на орбите материал будет подвергаться замораживанию и в таком виде доставляться в лаборатории постановщиков КЭ.

5. Ожидаемые результаты и их предполагаемое использование (с указанием областей применения).

Эксперимент «Мембрана» представляет собой составную часть общей российско-украинской программы исследований по космической биологии, Полученные в данном эксперименте результаты, позволят сформулировать гипотезу о роли комплекса мембранных структур, главным образом клеточной мембраны в процессах восприятия и реализации гравитационного стимула в клетке. Экспериментально проверить какие изменения и с какой интенсивностью происходят в мембранах непосредственно в условиях космического полета.

Ожидаемые результаты необходимы для оценки роли мембранно-связанных процессов в адаптации растительных клеток к условиям микрогравитации. Они будут служить основой при планировании дальнейших исследований и могут представлять интерес для таких организаций как Космических агентств России, Украины, НАСА.

6. Новизна, оценка качественного уровня по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными исследованиями; ожидаемый эффект от проведения КЭ.

Впервые будет проведен комплекс физико-химических исследований структурно-функциональной организации плазматических мембран клеток высших растений, в частности, содержания и состава липидов ПМ. интенсивности перекисного окисления липидов. активности H^+ -АТФазы и супероксиддисмутазы, микровязкости липидного бислоя в условиях микрогравитации. Предполагается, что планируемое исследование комплекса структурно-функциональных характеристик плазматических мембран позволит оценить их роль в ответе растительных клеток на условия микрогравитации.

7. Перечень коммерческих сведений.

При возникновении ситуаций, сопровождающихся коммерческой заинтересованностью сторон, предвидится их дальнейшее взаимное согласование и урегулирование на основе действующих законодательных актов стран-участниц.

Научный руководитель КЭ от российской стороны:

*Заведующий лабораторией, докт. биол. наук,
проф. ГНЦ РФ-ИМБП РАН*

М.Г. Таурбеков

Научный руководитель КЭ от украинской стороны:

*Старший научный сотрудник отдела клеточной
и анатомии Института ботаники НАН Украины.
канд. биол. наук*

Д.А. Климчук

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КЭ НЕЙРОН

«Исследование нервной системы животных в условиях измененной гравитации.»
Шифр КЭ «Нейрон»

1. Сущность исследуемой проблемы

Выяснение молекулярных механизмов адаптации нервных клеток к условиям космического полета (микрогравитации).

2. Краткая история и состояние вопроса в настоящее время

Исследование состояние нервной системы высших животных, в том числе и человека, в космическом полете представляет огромный интерес, как в теоретическом, так и практическом аспектах, прежде всего для адекватной оценки поведенческих характеристик и самочувствия космонавтов. Подавляющее большинство полетных экспериментов, направленных на изучения состояния нервной системы, было выполнено на крысах. Морфологические и гистохимические исследования головного и спинного мозга крыс в экспериментах на биоспутниках «Космос» выявили структурные, и метаболические перестройки, отражающие процессы адаптации структур нервной системы к функционированию в условиях микрогравитации. Исследования мозга животных, экспонированных в условиях измененной силы тяжести — микрогравитации на борту пилотируемых и беспилотных космических аппаратов и гипергравитации, в наземных экспериментах — на центрифуге показали, что в этих условиях происходят заметные изменения морфологических характеристик нервных клеток. Изменяются форма и размеры, как тела нейрона, так и его отростков: аксона и дендрита, число и структура межнейрональных контактов нейроглиальные взаимодействия, межъядерные и внутрикортикальные связи, характеристики процесса синаптической передачи и т.д. Кроме того, в мозге крыс, развившихся космическом полете, были выявлены участки гибели нейронов. Все это свидетельствует о высокой чувствительности нервной системы к изменению параметров гравитационного фактора. Для более детального и углубленного исследования структурно-функциональных перестроек в нервных клетках чрезвычайно удобным объектом могут служить первичные культуры нервных клеток *in vitro*.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ

Средства для проведения экспериментальных исследований:

РС МКС, космический корабль, позволяющий в полной мере решить научные задачи космического эксперимента «Нейрон»,
наземный лабораторный комплекс, включающий клиностаг и центрифугу.

4. Краткое описание КЭ

Схема проведения и задачи КЭ:

- изучение формы, размеров, количества ядер и ядрышек методом морфометрии — изучение ультраструктурной организации нервных клеток (ядра, митохондрий, цитоскелета, межклеточных контактов) методом электронной микроскопии
- определение плотности клеточной популяции (количества живых и погибших клеток)
- состояния цитоскелета иммунохимическим методом
- уровня трансмиссионной активности цитохромоксидазы цитохимическим методом
- определение активности глутаматных и ГАМК транспортеров плазматической мембраны нервных клеток с использованием радиоактивно меченых нейромедиаторов
- изучение процесса экзоцитоза, освобождения [^{14}C] глутамата и [^3H] ГАМК из нервных окончаний

Объект и методы исследования: монослойная культура нервных клеток *in vitro*, изолированная из мозжечка эмбрионов крысы и растущая на твердом субстрате, препараты

изолированных из головного мозга нервных окончаний (синаптосомы). Световая и электронная микроскопия, иммуногистохимия, морфометрия, цитохимия, нейрохимия.

Бортовая исследовательская аппаратура: Эксперимент «Нейрон» планируется провести в два этапа. Первый этап наземных экспериментальных исследований будет выполнен при моделировании эффектов измененной силы тяжести в лабораторных условиях с использованием клиностата и центрифуги. Второй — в условиях космического полета (микрогравитации) с помощью специальной культивационной камеры, позволяющей культивировать клетки автономно (без вмешательства оператора) длительный период времени (до 2-х недель). Предполагается культивационную камеру, принцип работы которой разработан российскими специалистами, в ходе подготовки полетного эксперимента адаптировать к бортовому комплексу «Биолаборатория», предоставляемому украинской стороной или включить в состав бортового прибора «Viobox» сконструированного Европейским Космическим Агентством (ЕКА).

Качество полученной информации определяется точностью соблюдения требований ТЗ.

5. Ожидаемые результаты

Сравнительный анализ данных, полученных в наземных и полетных экспериментах с нервными клетками, позволит, с нашей точки зрения, выяснить пути передачи информации об изменении величины и направления вектора силы тяжести в нервных клетках. Это, в свою очередь, даст возможность расширить знания об интегральном механизме восприятия и реализации и реализации гравитационного стимула в клетке. Кроме того, результаты исследований на нервных клетках должны внести определенный вклад в изучение особенностей функционирования нервной системы в условиях микрогравитации.

6. Новизна, оценка качественного уровня

Послеполетный анализ биоматериала будет проведен совместно российским и украинскими специалистами научной программы эксперимента «Нейрон». Основное внимание в послеполетных исследованиях будет обращено на сравнительный анализ результатов полученных ранее в модельных экспериментах и данных полетного эксперимента. Исследования на полетных и наземных образцах будут выполнены с помощью методов перечисленных выше. В случае использования прибора «Viobox» к участию в послеполетных исследованиях будут приглашены специалисты стран, входящих в ЕКА.

ГНЦ РФ-ИМБП РАН

Ведущий научный сотрудник, к.м.н.

И.Б. Краснов

Институт биохимии НАН Украины

Старший научный сотрудник, к.б.н.

Т.А. Борисова

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КЭ ОБЛАСТ

«ДИФФЕРЕНЦИРОВКА, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОТЕНЦИИ И АДАПТАЦИИ ОСТЕОГЕННЫХ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА»

1. Сущность исследовательской проблемы

Исследуемая проблема относится к области гравитационной клеточной биологии и заключается в познании механизмов гравичувствительности клетки как основы для выяснения возможностей роста, развития и репродукции организмов в условиях отсутствия силы тяжести и, таким образом, решения общебиологической проблемы — роли гравитации в функционировании биосферы, и прикладных задач космической биологии.

2. Краткая история и состояние вопроса в настоящее время

Высокая чувствительность опорно-двигательного аппарата и его жесткого каркаса костной ткани к снижению механической нагрузки в условиях микрогравитации общеизвестна. Происходящие в скелете человека и животных изменения обусловлены в первую очередь потерей костной массы и снижением прочности кости вследствие экскреции кальция. Это является серьезным фактором, лимитирующим длительность пилотируемых космических полетов. Поэтому, изучение механизмов влияния факторов космического полета, прежде всего микрогравитации, на состояние костной ткани и поиск практических решений, направленных на стабилизацию процесса в условиях космического полета — является актуальной научной проблемой.

Многолетние исследования состояния костной ткани человека и животных после длительного пребывания в условиях микрогравитации позволили установить: устойчивое снижение минеральной плотности (потерю) костной массы; отрицательный баланс Ca^{++} вследствие его не востребованности тканью; положительную корреляцию величины снижения минеральной плотности сегментов в зависимости от их механической нагрузки (Газенко и др., 1980, Григорьев и др., 1994, Оганов, 1994); уменьшение интенсивности остеопластических процессов (Morey-Holton et al., 1978; Дурнова и Капланский, 1987; Родионова и др., 1997, 2000 и др.). Опыт космической биологии и медицины, накопленный в последние десятилетия, свидетельствует о том, что в основе структурных и функциональных сдвигов, происходящих в костном скелете в условиях микрогравитации, лежат изменения регуляторных механизмов, управляемых и регулируемых на молекулярном и клеточном уровнях. Для успешного решения проблем стабилизации и коррекции физиологических функций организма, в том числе опорно-двигательного аппарата в условиях длительного космического полета необходимо проведение исследований на клеточном и молекулярном уровнях.

Для анализа процессов, происходящих в костной ткани при различных внешних воздействиях, в том числе и гравитационных, одним из перспективных и информативных направлений является использование в качестве объекта исследований культуры остеогенных клеток *in vitro*. Изучение клеточных культур с помощью комплекса современных методов позволяет исследовать в контролируемых условиях многие аспекты жизнедеятельности клетки, такие как: пролиферативная активность, адгезивные свойства, межклеточные контакты, поляризация, дифференциация, особенности специфического функционирования, действие различных биоактивных веществ и т.д. Уже проведенные, в том числе и авторами проекта (Mathieu et al., 1992; Bierkens et al., 1994; Березовская, Родионова, 1998 и др.) исследования показали, что остеогенные клетки являются гравичувствительными. Однако механизм гравизависимых изменений в остеогенных клетках и костной ткани остаются еще во многом неясными.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Российский сегмент МКС (РС МКС), позволяющий в полном объеме решить научные задачи космического эксперимента «ОБЛАСТ».

4. Краткое описание КЭ.

Цель космического эксперимента — получение новых научных данных о клеточных и гистогенетических механизмах адаптации опорно-двигательного аппарата человека и животных к условиям длительных космических полетов.

Основными задачами эксперимента являются:

- изучение в условиях *in vitro* цитогенетических, структурно-метаболических, биохимических и клеточно-популяционных характеристик процессов остеогенеза;
- исследование с использованием биоактивных веществ механизмов гравичувствительности остеогенных клеток и роли в этих процессах компонентов межклеточного матрикса;
- сравнительный анализ данных, полученных на клеточных культурах с результатами исследований на тканевом и организменном уровнях с целью определения роли и закономерностей взаимодействия системных факторов с клеточными.

Подготовку и проведение КЭ «ОБЛАСТ» планируется выполнить в соответствии с научной программой по предлагаемой циклограмме. За несколько суток до старта космического корабля клеточные культуры (взятые из костного мозга крыс) помещаются в пластиковые чашки Петри и выдерживаются при температуре 37°C в течение 3 суток для образования сплошного монослоя клеток. После этого чашки Петри с биоматериалом размещаются в транспортировочном устройстве «Биолаборатории-М» и доставляются на борт станции при температуре +18°C. Активная часть эксперимента начинается сразу после размещения биоматериала (культуры клеток) в термостате на бортовой центрифуге (1 g) в «Биолаборатории-М» при температуре +37°C. Длительность активного периода эксперимента (сеанса) 14 суток. Параллельно будут поставлены синхронный и наземный контроли.

В конце эксперимента космонавт-оператор должен выполнять манипуляции, связанные с химической фиксацией тканей. По окончании эксперимента фиксированный биоматериал размещается в транспортировочном устройстве (+4°C) «Биолаборатории-М» и доставляется транспортным космическим кораблем на Землю для последующего анализа в научно-исследовательских институтах — постановниках эксперимента.

Послеполетный анализ биоматериала включает сравнительный анализ полетных и контрольных (наземных) образцов биоматериала с использованием методов световой и электронной микроскопии, радиоавтографии, цитогенетики, биохимии и др., согласно научной программе КЭ. Планируется изучение в сопоставлении с контролем ультраструктуры клеток и разных параметров культур клеток (число образовавшихся клонов, митотический индекс, адгезивные свойства, межклеточные контакты, биосинтетические, цитохимические, цитогенетические и др.), а также клеточные реакции под воздействием биоактивных веществ. Кроме того, для получения общей картины гистогенеза костной ткани и особенностей ее формирования в условиях микрогравитации будут проведены с использованием маркеров исследования метаболической активности остеогенных клеток, а именно — способности к продуцированию белково-углеводных комплексов (протеогликанов и гликопротеинов, образованию коллагеновых, ретикулиновых и эластичных волокон и т.д.), особенностей кальциевого метаболизма.

5. Ожидаемые результаты и их предполагаемое использование (с указанием областей применения).

Будут получены новые для науки и практических разработок данные о

гистогенетических механизмах развития гравизависимых изменений в клетках костной ткани, роли отдельных метаболических звеньев (в т.ч. белково-углеводного и кальциевого метаболизма) в формировании комплекса адаптивных реакций и гравичувствительности остеогенных клеток.

Данные экспериментальных исследований и математического моделирования процессов адаптации послужат основой для разработки принципов прогнозирования и коррекции состояния костной ткани к условиям длительного космического полета.

Области применения: космическая медицина и биология, биотехнология, практическая и теоретическая медицина и биология.

6. Новизна, оценка качественного уровня по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными исследованиями.

КЭ имеет принципиальную научную новизну в плане постановки задач исследования и методических подходов. Предполагается получение новых по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными разработками данных о механизмах развития адаптации клеток костной ткани к условиям микрогравитации и принципах их гравичувствительности, особенностях генетической детерминации адаптивных реакций; роли гравитации в остеогенетических процессах.

7. Перечень коммерческих сведений.

Оценка коммерческой значимости данных КЭ будет проведена после анализа научной информации, полученной в результате исследования.

Руководитель эксперимента со стороны Украины
Зав. отделом цитологии и гистогенеза Института зоологии НАНУ
Докт. биол. наук

Н.В. Родионова

Руководитель эксперимента со стороны России
Государственный Научный Центр РФ —
Институт Медико-Биологических проблем РАН
Докт. биол. наук

В.С. Оганов

Научно-техническое обоснование КЭ ВИРУС

1. Сущность исследуемой проблемы

Сущность исследуемой проблемы состоит в выявлении особенностей взаимоотношений между клеткой и вирусом в условиях микрогравитации, в частности, в изучении как особенностей экспрессии вирусного генома в инфицированной клетке, так и влияния вирусной инфекции на адгезивные свойства, состояние цитоскелета и некоторые морфологические характеристики клеток в условиях микрогравитации.

2. Краткая история и состояние исследований в настоящее время.

Структурно-функциональные изменения, происходящие в эукариотических клетках, изучались ранее в серии космических экспериментов, проводимых ИМБП РАН. Полученные данные свидетельствуют о влиянии микрогравитации на морфологию, структурную организацию, рост и развитие клеток монослойной культуры. КЭ по изучению влияния факторов космического полета на вирусы и репродукцию их в клетке ранее не проводились. В Институте микробиологии НАН Украины в наземных условиях изучены особенности репродукции аденовирусов в линиях эпителиальных и лимфобластоидных клеток как при моноинфекции, так и при смешанной инфекции аденовирусами и ВЕБ (вирусом Эпштейна-Барр). Объединение усилий этих научных коллективов будет способствовать изучению как особенностей репродукции вирусов в клетке в условиях космического полета, так и выяснению воздействий, оказываемых вирусом в условиях КЭ на структурную организацию и физиологию клетки.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Это могут быть как пилотируемые космические корабли, так и автоматические летательные аппараты. Для проведения экспериментов будет сконструирован бортовой прибор «вирус-клетка», который включен в состав бортового комплекса «Биолаборатория», создаваемого украинской стороной. Возможно использование и другого прибора, ранее применяемого ИМБП РАН в КЭ.

4. Краткое описание КЭ.

Предполагается выполнение таких вариантов КЭ:

1. Экспонирование разных линий культуры клеток на борту космического корабля до 3-х суток, возвращение их на Землю и инфицирование исследователем. Такой вариант КЭ связан с тем, чтобы исключить проведение инфицирования клеток на борту корабля космонавтом.
2. Инфицирование клеток исследователем перед стартом (допускается за 1 сутки до старта). В указанное время на орбите проводится фиксация и замораживание образцов.

В обоих вариантах космонавт не будет контактировать с инфекционным материалом. Для проведения этих КЭ будет использован прибор «Вирус-клетка», включенный в «Биолабораторию», который создается украинской стороной. Возможно использование и другого прибора, ранее применяемого ИМБП РАН в КЭ, в частности «Фибропласт-1», «Фибропласт-2». При проведении КЭ необходимо поддержание температуры в термостате 37°C ($\pm 0,3$).

5. Ожидаемые результаты.

Будут получены данные об экспрессии генома аденовирусов в разных линиях клеток, подвергнутых влиянию факторов космического полета, а также данные о совместном воздействии вирусной инфекции и факторов космического полета на морфологию, адгезивные свойства и функциональную активность эукариотической клетки. Полученные результаты будут иметь как фундаментальное значение для понимания механизмов воздействия факторов космического полета на взаимоотношения вируса с клеткой, так и для практики космической медицины с целью выяснения механизмов активации латентных вирусов и развития вирусной инфекции в организме человека, находящегося в своеобразной экологической нише во время длительного космического полета.

6. Новизна.

Впервые будут получены данные о влиянии факторов космического полета на

интенсивность репродукции вирусов человека в разных линиях клеток, включая лимфобластоидные, а также влияние на морфологию и функциональную активность клеток.

Аналогов нет.

Ранее подобные исследования не проводились.

7. Перечень коммерческих сведений.

Отсутствует.

Институт микробиологии и вирусологии НАНУ,
зав.отделом, чл.-корр.НАНУ

Дяченко Н.С.

ГНЦ РФ-ИМБП РАН,
Зав. лабораторией, д.б.н.

Новикова Н.Н.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КЭ МЕССЕНДЖЕР

«Влияние невесомости на функционирование в клетках различных путей трансдукции сигналов с участием полифосфатидилинозитолов или цАМФ».

Шифр КЭ: «Мессенджер»

1. Сущность исследуемой проблемы.

Выяснение происходящих в живых организмах изменений и механизмов биологического эффекта микрогравитации — одна из важнейших фундаментальных задач космической и гравитационной биологии (Kordyum, 1997). Гравитация является основным и постоянным фактором на Земле, определяющим тип роста и развитие растений. Тот факт, что эволюция происходит при наличии неизменной гравитации, делает невозможным установить специфическую роль гравитации на функции клеток растений. В этом аспекте проблемы наиболее информативным было бы проведение сравнительного исследования изменений, происходящих в условиях нормального и низкого уровня гравитации (Kordyum, 1997).

Гравитационное поле является источником очень слабых сигналов в биологических системах такого уровня как клетка. Для того чтобы сигналы были восприняты клеткой и трансформированы во внутриклеточные структуры, эти сигналы должны быть существенно усилены. Система внутриклеточной сигнализации играет ключевую роль в выполнении этой задачи. И хотя можно искать клеточные ответы на гравитационный стимул в изменении метаболизма, локомоции, пролиферации клетки, причины этих изменений будут, несомненно, лежать в модификации системы внутриклеточной сигнализации. Отсюда весьма актуальным является исследование роли и механизмов участия системы внутриклеточной сигнализации в осуществлении гравичувствительности клетки.

Согласно современным данным основную роль в передаче сигналов от плазматической мембраны клетки к цитоплазматическим (внутриклеточным) структурам играют подсистемы G-белков, фосфатидилинозитольного комплекса, цАМФ, а также ионы Ca^{2+} как вторичного мессенджера. Очевидно, в исследованиях целесообразно вовлечь все подсистемы, принимающие участие в передаче информации во внутриклеточном объеме.

2. Краткая история и состояние вопроса в настоящее время.

Выявлен широкий круг биологических эффектов, которые вызывает микрогравитационное воздействие на различные растительные организмы (водоросли, мхи, высшие растения, культура клеток). Однако возникает вопрос о том, каким образом растительная клетка чувствует изменение гравитационных условий, каков механизм восприятия и трансдукции первичного микрогравитационного воздействия.

Аденилциклазная система, воспринимая сигналы, усиливает их действие посредством активации специфических цАМФ-зависимых ферментных систем, включая протеинкиназы, которые обладают способностью изменять активность метаболизма клеток. Система цАМФ принимает участие в формировании устойчивости клеток к действию ряда факторов среды, включая фитопатогены, гамма радиацию (Block et al., 1996). Компоненты аденилциклазной системы — цАМФ, фосфодиэстераза (ФДЭ), цАМФ-зависимые протеинкиназы выявлены в клетках животного и растительного происхождения (Assman, 1995).

Исследователями на животных была показана центральная роль фосфатидилинозитольной (ФИ) системы в восприятии клеткой широкого спектра внеклеточных сигналов (см. обзоры Cocco et al., 2001; Katan, 1998; Rhee, 2001). Запуск реакций, составляющих фосфатидилинозитольный цикл, происходит с помощью рецептора, локализованного на внешней стороне плазматической мембраны. Рецептор, через G-белок, активирует ФИФ₂-специфическую фосфолипазу C, что ведет к гидролизу ФИ(4,5)Ф₂ и образованию двух молекул вторичных мессенджеров — инозитол 1,4,5-трифосфата (Инз(1,4,5)Ф₃) и диацилглицерола (ДАГ). Каждое из этих соединений инициирует каскад метаболических событий. Инз(1,4,5)Ф₃ стимулирует освобождение ионов Ca^{2+} из внутриклеточных депо, обеспечивая повышение уровня кальция в цитозоле.

Освобожденный кальций активирует кальций и кальций/кальмодулин-зависимые ферменты, такие как липазы, киназы, АТФазы. Нейтральный ДАГ, оставшийся в плазматической мембране, активирует протеинкиназу С (ПКС), что приводит к фосфорилированию специфических белков, необходимых для формирования конечного ответа клетки на внешний стимул (Rhee, 2001).

Показано, что все основные компоненты ФИ-сигнальной системы животных либо их соответствующие аналоги присутствуют и функционируют в клетках растений (Drobak et al., 1988; 2001; Sandelius, Sommarin, 1990). Изучены ферменты метаболизма полифосфатидилинозитолов интактных клеток растений — ФИ4- и ФИ5-киназы, а также фосфогидролазы, которые создают постоянный оборот ФИ(4)Ф и ФИ(4,5)Ф2. Определены их кинетические характеристики и внутриклеточная локализация (Drobak et al., 2001; Drobak, 1992; 2001; Stevenson et al., 2000; Tan and Boss, 1992;). Продемонстрировано присутствие и охарактеризовано ряд ферментов, обладающих активностью фосфолипазы С (ФЛС) и родством к фосфоинозитидам (Huang et al., 1995; Drobak 2001; Pical et al., 1992). На основании данных молекулярного анализа установлено, что общая структура ФЛС высших растений способной к гидролизу ФИ(4,5)Ф2 наиболее полно соответствует семейству регулируемых кальцием ФЛС, однако отличается от известных ферментов молекулярной массой (Shi et al., 1995; Yamamoto et al., 1995).

Проведено изучение метаболизма инозитол 1,4,5-трифосфата (Инз(1,4,5)Ф3) в клетках растений *in vivo* (Irvine et al., 1992) и установлено, что Инз(1,4,5)Ф3 способен освобождать ионы Ca^{2+} из вакуолей растительных клеток (Sunders et al., 1999; 2002).

В результате обширных экспериментальных исследований в настоящее время получены доказательства того, что ФИ-система участвует в восприятии и трансдукции ряда внешних воздействий в клеточные ответы в высших растениях и водорослях.

Показано участие ФИ-системы в восприятии фитогормонального (Ettlinger, Lehle, 1988; Lee et al., 1993, 1996; Zbell, Walter-Back, 1988), гипоосмотического (Einspahr et al., 1988), низкотемпературного (Kravets et al., 1994; Кравец 1999) воздействия. Установлено изменение компонентов ФИ-системы, индуцируемый действием гравитации (Perera et al., 1999).

В связи с этим представляют особый интерес исследования, касающиеся изменения содержания ионов кальция в условиях микрогравитации и во время клиностатирования (Kordyum et al., 1994; 1997). Проведенные исследования позволяют предположить, что усиление активности ряда гидролитических и синтетических ферментов связаны с изменением концентрации ионов Ca^{2+} в цитозоле и в клеточной стенке в этих условиях. Установлено, что изменение гравитации относится к внеклеточным стимулам, которые непосредственно связаны с функционированием в клетках системы вторичных мессенджеров, связанных с Ca^{2+} (Kordyum and Danevich, 1995).

Метаболиты ФИ- пути влияют на внутриклеточные потоки кальция в клетке ((Perera et al., 1999), определяют активность ключевых ферментативных систем клетки, в том числе протеинкиназ, фосфатаз (Monroy et al., 1995; Staxen et al., 1999).

3. Необходимость проведения КЭ в условиях космического пространства

Исследование физиологических свойств и особенностей адаптивных перестроек, которые происходят в условиях комплексного воздействия факторов окружающей искусственной среды на космических станциях на протяжении критических периодов прорастания и вегетации, является важным с точки зрения познания природы гомеостатической и физиологической устойчивости растений, разработки технологических режимов выращивания растений.

4. Краткое описание КЭ.

В проекте планируется исследование влияния гравитации на метаболизм компонентов цАМФ, полифосфатидилинозитолов (фосфатидилинозитол-(4)-фосфата, инозитол-4,5-бифосфата и инозитол-1,4,5-трифосфата) с целью установления их роли как вторичных

мессенджеров на действие гравитации и невесомости, исследовать влияние условий космического полета на активность ряда ферментов метаболизма липидов, определить режим и продолжительность воздействия на проявление эффекта.

Исследование изменений показателей, характеризующих состояние и жизнедеятельность растений, и особенности протекания физиолого-биохимических процессов в указанных условиях позволит определить первичные звенья воздействия основных действующих факторов. Выявление изменений адаптивной природы и определение их специфичности позволит познать природу защитных механизмов, лежащих в основании формирования интегрального свойства — устойчивости растений в меняющихся условиях окружения, а также определить наиболее чувствительные к изменению гравитационного фактора системы регуляции метаболизма растений. Результаты исследований будут использованы для разработки способов оптимизации роста и развития животных и растительных организмов в условиях невесомости.

5. Бортовая исследовательская аппаратура.

В данном эксперименте, наряду с культурой животных и растительных клеток *in vitro*, планируется использовать также растительные клетки *in situ*. Для проведения полетного эксперимента будет использован один — из модулей бортового комплекса «Биолаборатория», а именно прибор для выращивания клеток в культуре *in vitro*, включающей систему термостатирования, фиксации и хранения биоматериала.

6. Послеполетный анализ биоматериала.

Для расшифровки особенностей функционирования различных подсистем системы внутриклеточной сигнализации, в первую очередь, необходимо выявить наиболее чувствительные к гравитационному фактору промежуточные этапы развития реакций в процессе восприятия и передачи информации в клетке. Эти реакции можно условно разделить на кратковременные, с периодом функционирования в несколько минут, и долговременные — измеряемые в часах. В первом случае было бы весьма интересным определить активность фермента протеинкиназы С и/или G-белков, связанных с цАМФ, фосфатидилинозитным циклом и ионами кальция, что даст возможность проследить за кратковременными эффектами. Во втором случае при выявлении долговременных эффектов особое внимание следует обратить на гомеостаз Ca^{2+} клетки, что можно измерить методом фотометрии. Действительно хорошо известно, что во время длительных космических полетов наблюдается интенсивная экскреция кальция из организма. Между тем кальций играет ключевую роль в системе внутриклеточной сигнализации, участвуя в качестве вторичного мессенджера. Таким образом, при сопоставлении результатов анализа активности различных подсистем, входящих в общую систему внутриклеточной сигнализации, разными методами можно рассчитывать на получение информации об активности функционирования всей системы в целом и способах ее регуляции в условиях измененной силы тяжести.

7. Ожидаемые результаты.

Предполагается, что при сравнительном анализе результатов, полученных при исследованиях полученных ранее на системном уровне при исследованиях на животных, экспонированных на борту космических аппаратов, и космонавтов после длительных космических полетов с данными эксперимента «Мессенджер», полученными на тканях растений и культуре клеток можно будет сделать общее заключение о функционировании системы внутриклеточной сигнализации в условиях микрогравитации, разработать технологические приемы выращивания растений на борту орбитальных станций.

8. Кооперация

ГНЦ РФ-Институт медико-биологических проблем РАН, Национальный университет «Киево-Могилянская академия», Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,

Научный руководитель КЭ от России.
ЗАВ. ГРУППОЙ ГНЦ РФ-ИМБП РАН
Д.м.н.

Л.Б. Буравкова

Научный руководитель КЭ от Украины,
Зав. кафедрой биологии Национального
университета «Киево-Могилянская академия»
доктор биол. наук

В.С.Кравец

Приложение

Основные условия и особенности проведения экспериментов.

Наименование КЭ	Цитоскелет	Мембрана	Нейрон	Област	Вирус	Мессенджер
Условия и особенности						
Т °С доставки на РС МКС	+4°	+4°	+4°	+4°	+4°	+4°
Время доставки не более (сутки)	4	4	5	4	3	10
Т °С проведения КЭ	+25°	+25°	+37°	+37°	+36,8°	+25°±1°
Время проведения (сутки)	12	14	14	14	2	4÷5
Способ фиксации	Замораживание	Замораживание	Замораживание	Замораживание	Химическая фиксация	Замораживание
Т °С хранения после проведения КЭ	-15°	-15°	-15°	-10°÷ -15°	-15°	-15°
Время хранения до возвращения (сутки)	30	15	30	30	30	30
Особые условия проведения КЭ	Выращивание на агар. агаре	Выращивание на агар. агаре	Культура клеток в стерильных пластиковых пакетах в водном растворе	Выращивание в спец. питат. среде. Хим. фиксация 2,5 % глютаральдегид	Хим. фиксация	Перед проведением КЭ питательную среду смочить водным раствором

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГНЦ РФ-ИМБП РАН

М.П. _____ А.И. Григорьев
« ____ » _____ 2002 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института ботаники
им. Н.Г. Холодного НАНУ

М.П. _____ К.М. Сытник
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО
Зам. Генерального конструктора
РКК «Энергия»

М.П. _____ А.В. Марков
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО
Главный конструктор направления
ОАО НИК «Курс»

М.П. _____ В.Ю. Добровольский
« ____ » _____ 2002 г.

ПРОГРАММА на группу КЭ

«Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»

Шифр группы КЭ: «Биолаборатория-М»

СОГЛАСОВАНО

Председатель секции № 1 КНТС
Росавиакосмоса и РАН «Медико-
биологические проблемы»

М.П. _____ А.И. Григорьев
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО

Руководитель секции Совета по
космическим исследованиям НАНУ-
НКАУ
«Космическая биология, биотехнология и
медицина»

М.П. _____ Е.Л. Кордюм
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО

От РКК «Энергия»

Зам. Руководителя НТЦ
А.А. Кузнецов

СОГЛАСОВАНО

От постановщика КЭ (Украина)

Научный руководитель группы экспериментов
Е.Л. Кордюм
Научный руководитель эксперимента
«Цитоскелет»

Научный руководитель эксперимента
«Липосома»
Е.Л. Кордюм

Научный руководитель эксперимента «Опухоли
растений»
Т.А. Борисова

Научный руководитель эксперимента
«Нетклетки»
В.В. Сарнацкая

Научный руководитель эксперимента «Клетка-
вирус»
Е.А. Лукьянец

Научный руководитель эксперимента
«Индукция»
Н.С. Дяченко

Научный руководитель эксперимента
«Протопласт»
М.И. Менджул

Научный руководитель эксперимента
«Биоминерализация»
Д.А. Климчук

Научный руководитель эксперимента
«Микрофлора»
В.Р. Эстрела

Научный руководитель эксперимента
«Иммунитет»
А.В. Руденко

Научный руководитель эксперимента «Област»
М.В. Скок

Научный руководитель эксперимента
«Фрагментация»
Н.В. Родионова

Научный руководитель эксперимента «Ритм»
Б.В. Сорочинский

Научный руководитель эксперимента
«Лимфоцит»
Н.Ф. Гамалея

С.П. Сидоренко

От постановщика КЭ (РФ)

Научный руководитель эксперимента

От ОАО НПК «Курс»

Зам. начальника отдела
С.В. Деркач

1. ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа группы КЭ «Биолаборатория-М» предусматривает исследования биологических эффектов микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях с целью выяснения механизмов действия этого постоянного фактора космического полета и разработку на основе полученных данных концепций гравичувствительности клетки. Планируется использование объектов, адекватных поставленным задачам, и комплекса современных методов клеточной и молекулярной биологии.

2. СОСТАВ ГРУППЫ КЭ И ПЕРЕЧЕНЬ ПОСТАНОВЩИКОВ КЭ

№ пп	ШИФР	ЦЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТА	РУКОВОДИТЕЛЬ	ОРГАНИЗАЦИЯ
1	ЦИТОСКЕЛЕТ	Изучение влияния микрогравитации на динамику цитоскелета и гомеостаз кальция в гравирецепторных и гравиреагирующих клетках корня	Кордюм Елизавета Львовна, д.б.н., тел/факс: 2123236; Email: cell@svitonline.com	Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
2	ЛИПОСОМА	Изучение влияния микрогравитации на структурно-функциональные свойства искусственных фосфолипидных мембран	Борисова Татьяна Александровна, к.б.н., тел: 2243254; факс: 2296365; Email: tborisov@paladin.biochem.kiev.ua	Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины
3	ОПУХОЛИ РАСТЕНИЙ	Изучение влияния микрогравитации на образование опухолей растений с использованием модели индукции корончатых галлов	Сарнацкая Вереса Васильевна, д.б.н., тел(факс): 263-51-50;	Институт физиологии растений и генетики НАН Украины
4	НЕТКЛЕТКИ	Изучение влияния микрогравитации на рост, структуру и функции нервных, эндокринных и трансформированных клеток	Лукьянец Елена Александровна, к.б.н., тел: 2562430; факс: 2536458; Email: elena@serv.biph.serv.kiev.ua	Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины
5	КЛЕТКА-ВИРУС	Изучение влияния микрогравитации на ДНК-геномные вирусы и системы «вирус-клетка»	Дяченко Наталья Сергеевна, д.б.н., тел: 2666168; факс: 2662379; Email: Dyachenko@serv.imv.kiev.ua	Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины

6	ИНДУКЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на лизогенные цианобактерии	Менджул Михаил Иванович, к.б.н., тел.: 266-23-09; факс: 266-23-79; Email: smirnov@imv.kiev.ua	Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины
7	ПРОТОПЛАС Т	Изучение влияния микрогравитации на биогенез клеточной оболочки, пролиферативную активность и рост клеток растяжением	Климчук Дмитрий Александрович, к.б.н., тел (факс): 2123236; Email: cell@svitonline.com	Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины
8	БИОМИНЕРАЛИЗАЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на минерализацию микроводорослей	Эстрела-Льопис Викторио Рафаэлович, к.б.н., Тел (факс): 4448078; Email: estrela@bioco.kiev.ua	Институт биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины
9	МИКРОФЛОРА	Изучение влияния микрогравитации на биологические свойства резидентной микрофлоры	Руденко Ада Викторовна, д.м.н., тел: 2760530; Email: micro@unet.net.ua	Институт урологии и нефрологии АМН Украины
10	ИММУНИТЕТ	Изучение влияния микрогравитации на иммунный ответ лимфоцитов в культуре	Скок Марина Владимировна, к.б.н., тел: 2243354; факс: 2296365; Email: skok@biochem.kiev.ua	Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины
11	ОБЛАСТ	Изучение влияния микрогравитации на остеогенез	Родионова Наталья Васильевна, д.б.н., тел: 2249084; факс: 2241569; Email: nrod@sz.freenet.kiev.ua	Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины
12	ФРАГМЕНТАЦИЯ	Изучение влияния микрогравитации на организацию и целостность ядерной ДНК	Сорочинский Борис Владимирович, к.б.н., тел.: 2661081; факс: 2521786; Email: bvs@phyto.kiev.ua	Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины
13	РИТМ	Изучение влияния микрогравитации на ритмологические характеристики организма человека с использованием	Гамалея Николай Федорович, д.б.н., тел.: 2669888; факс: 2671656; Email: gamaleya@onco.net.kiev.ua	Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины

		культуры лимфоцитов		
14	ЛИМФОЦИТ	Изучение влияния микрогравитации на сигнальные каскады лимфоцитов через поверхностные рецепторы для выяснения регуляции дифференциальной экспрессии белков и апоптоза	Сидоренко Светлана Павловна, д.б.н., тел: 2669885; факс: 2671656; Email: svetasid@oncnet.kiev.ua	Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины

3. СОСТАВ АППАРАТУРЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ

Группа КЭ будет проводиться в установке Биолоборатория-М, обеспечивающая термостатируемые условия для поддержания температурного режима, необходимого для роста объектов исследования, создания искусственной гравитации 1 g (блок центрифуг) в качестве полетного контроля, наблюдения за ростом и поведением объектов с последующей фиксацией (химической или замораживанием) объектов. В установке предусматриваются емкости для хранения материала до и после проведения эксперимента.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕМУ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОЧЕРЕДНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КЭ

Задачи группы КЭ предусматривают продолжительность эксперимента от 5 до 20 суток. Одновременно в установке Биолоборатория-М могут проводиться 2 эксперимента. Требуемое число сеансов в год составляет в среднем 24. Очередность конкретных экспериментов будет определяться степенью готовности экспериментов, их совместимостью для одновременного проведения, длительностью экспедиций.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИЮ КЭ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ КЭ

Основные этапы подготовки КЭ осуществляются в лабораторных условиях. Материал доставляется на борт в охлажденном или покоящемся состоянии для избежания действия перегрузок во время подъема космического корабля. Для помещения контейнеров с материалом в установку, включения и выключения центрифуг, проведения видеосъемки, фиксации материала после окончания эксперимента и его упаковки для спуска требуется участие космонавтов. Материал доставляется на Землю в фиксированном (химическая фиксация или замораживание) или живом (охлажденном) состоянии. Последующая обработка материала и его анализ с использованием светооптических, электронно-микроскопических, иммуно-цитохимических, биохимических, биофизических и молекулярно-биологических методов производятся в лабораториях институтов-участников КЭ.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГНЦ РФ-ИМБП РАН

М.П. _____ А.И. Григорьев
« ____ » _____ 2002 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института ботаники
им. Н.Г. Холодного НАНУ

М.П. _____ К.М. Сытник
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО
Зам. Генерального конструктора
РКК «Энергия»

М.П. _____ А.В. Марков
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО
Главный конструктор направления
ОАО НИК «Курс»

М.П. _____ В.Ю. Добровольский
« ____ » _____ 2002 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ГРУППУ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

**«Биологии клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы
гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»**

Шифр группы КЭ: «Биолаборатория-М»

№ _____

СОГЛАСОВАНО

Председатель секции № 1 КНТС
Росавиакосмоса и РАН «Медико-
биологические проблемы»

М.П. _____ А.И. Григорьев
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО

Руководитель секции Совета по
космическим исследованиям НАНУ-
НКАУ
«Космические биология, биотехнология и
медицина»

М.П. _____ Е.Л. Кордюм
« ____ » _____ 2002 г.

СОГЛАСОВАНО

СОГЛАСОВАНО

От РКК «Энергия»

От постановщика КЭ (Украина)

Зам. Руководителя НТЦ
А.А. Кузнецов

Научный руководитель группы экспериментов
Е.Л. Кордюм
Научный руководитель эксперимента
«Цитоскелет»
Е.Л. Кордюм
Научный руководитель эксперимента
«Липосома»
Т.А. Борисова
Научный руководитель эксперимента «Опухоли
растений»
В.В. Сарнацкая
Научный руководитель эксперимента
«Нетклетки»
Е.А. Лукьянец
Научный руководитель эксперимента «Клетка-
вирус»
Н.С. Дяченко
Научный руководитель эксперимента
«Индукция»
М.И. Менджул
Научный руководитель эксперимента
«Протопласт»
Д.А. Климчук
Научный руководитель эксперимента
«Биоминерализация»
В.Р. Эстрела
Научный руководитель эксперимента
«Микрофлора»
А.В. Руденко
Научный руководитель эксперимента
«Иммунитет»
М.В. Скок
Научный руководитель эксперимента «Област»
Н.В. Родионова
Научный руководитель эксперимента
«Фрагментация»
Б.В. Сорочинский
Научный руководитель эксперимента «Ритм»
Н.Ф. Гамалея
Научный руководитель эксперимента
«Лимфоцит»
С.П. Сидоренко

От постановщика КЭ (РФ)

Научный руководитель эксперимента

От ОАО НПК «Курс»

Зам. начальника отдела
С.В. Деркач

СОДЕРЖАНИЕ

Список	
сокращений.....	4
1. Общие положения.....	5
1.1. Полное наименование группы КЭ.....	5
1.2. Шифр группы КЭ.....	5
1.3. Цель проведения КЭ.....	5
1.4. Основание для разработки	5
2. Задачи КЭ.....	5
2.1. Перечень задач группы КЭ.....	5
2.2. Требования к КЭ в отношении объектов исследований.....	5
2.3. Число сеансов КЭ в год и количество лет реализации КЭ.....	6
2.4. Формы регистрации и качество информации.....	6
2.5. Количественный критерий полноты выполнения задач КЭ.....	6
3. Требования к аппаратуре.....	6
3.1. Наименование и назначение аппаратуры, устанавливаемой на КА.....	6
3.2. Поблочный состав.....	6
3.3. Требования к характеристикам аппаратуры.....	7
3.4. Перечень необходимых макетов, контрольно-измерительной аппаратуры, конструкторской и эксплуатационной документации, входящей в состав поставок.....	7
4. Требования к средствам обеспечения сеансов КЭ.....	7
4.1. Состав и назначение средств.....	7
4.2. Требования к создаваемым средствам, устройствам и сооружениям.....	8
5. Требования к наземной подготовке и обработке КЭ.....	8
5.1. Основные программные и методические документы по КЭ.....	8
5.2. Порядок и сроки разработки, изготовления, испытаний и поставки научной аппаратуры.. ..	8
5.3. Виды автономных испытаний аппаратуры.....	
5.4. Перечень основных работ и сроки подготовки средств наземного обеспечения сеансов КЭ.....	9
6. Технические требования к модулю РС МКС по проведению КЭ.....	9
6.1. Требования к КЭ.....	9
6.2. Требования по обеспечению расходуемыми материалами.....	9
6.3. Требования к условиям проведения сеанса КЭ.....	10
6.4. Требования к наземному комплексу управления.....	10
6.5. Требования к экипажу КА.....	10
7. Состав участников КЭ и их обязанности.....	11
7.1. Состав участников с украинской стороны.....	11
7.2. Состав участников с российской стороны.....	12

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
КЛ	— космический аппарат
КИА	— контрольно-измерительная аппаратура
КД	— конструкторская документация
КДИ	— контрольно-доводочные испытания
КНТС	— координационный научно-технический совет
КЭ	— космический эксперимент
ЛОИ	— лабораторно-отрабочные испытания
МКС	— международная космическая станция
НА	— научная аппаратура
НКУ	— наземный комплекс управления
ПК	— персональный компьютер
ПКК	— пилотируемый космический комплекс
РНК	— рибонуклеиновая кислота
РС	— российский сегмент
РТС	— радиотелеметрическая система
ТМИ	— телеметрическая информация
ЦУП	— центр управления полетами
ТР	— транспортировочное устройство

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Полное наименование группы КЭ.

«Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях»

1.2. Шифр группы КЭ — «Биолаборатория-М»

1.3. Цель проведения КЭ.

Целью проведения группы КЭ является изучение биологии клетки и метаболизма кальция в условиях микрогравитации, выяснение клеточных и молекулярных механизмов гравичувствительности живых систем.

1.4. Основание для разработки.

1.4.1. Общегосударственная (Национальная) космическая программа Украины 1998-2002 гг.

1.4.2. Решение Совета по космическим исследованиям НАНУ-НКАУ (протокол от 22.02.02)

1.4.3. Решение секции КНТС РКА и РАН, протокол № от

1.4.4. Решение КНТС РКА и РАН, протокол № от

1.4.5. Долгосрочная программа совместных научных исследований. Версия 2002 г.

2. ЗАДАЧИ КЭ.

2.1. Перечень задач КЭ.

Выполнение группы КЭ Биолаборатория-М позволит решить следующие научные и технологические задачи:

Исследовать влияние микрогравитации на биологию клеток бактерий, растений, животных и человека в условиях микрогравитации, а именно — влияние микрогравитации на:

- метаболизм кальция и цитоскелет в растительных клетках (шифр Цитоскелет)
- структурно-функциональные свойства искусственных фосфолипидных мембран (шифр Липосома)
- образование опухолей растений с использованием модели индукции корончатогалловых опухолей с помощью *Agrobacterium tumefaciens* (Опухоли растений)
- рост, структуру и функции нервных, эндокринных и трансформированных клеток (Нетклетки)
- ДНК-геномные вирусы и системы «вирус-клетка» (шифр Клетка-вирус)
- лизогенные цианобактерии (шифр Индукция)
- биогенез оболочки растительных клеток, пролиферативную активность и рост клеток растяжением (шифр Протопласт)
- биоминерализацию микроводорослей (шифр Биоминерализация)
- биологические свойства резидентной микрофлоры (шифр Микрофлора)
- иммунный ответ лимфоцитов в культуре (шифр Иммунитет)
- остеогенез (шифр Област)
- целостность и организацию ядерной ДНК (шифр Фрагментация)
- ритмологические характеристики организма человека с использованием культуры лимфоцитов (шифр Ритм)
- сигнальные каскады лимфоцитов через поверхностные рецепторы для выяснения регуляции дифференциальной экспрессии белков и апоптоза (шифр Лимфоцит).

2.2. Требования к КЭ в отношении объектов исследований.

Объектами исследований являются культуры органов, тканей, клеток и протопластов, культуры одноклеточных организмов, проростки растений.

2.3. Число сеансов КЭ в год и количество лет реализации КЭ.

Объем исследований группы КЭ определяется конкретными КЭ и в среднем составляет 24 сеанса в год. Время для проведения одного сеанса — 2–3 часа. Продолжительность экспериментов — от 5 до 25 суток. Продолжительность всего периода проведения КЭ данного направления — 3–5 лет. Всего планируется провести 28 экспериментов.

2.4. Формы регистрации и качество информации.

2.4.1. Информация о результатах экспериментов при их проведении регистрируется и передается по каналам телеметрии, а также с помощью возвращаемых носителей информации (записи в бортжурналах, видеокассеты, информация, записанная на магнитных носителях).

2.4.2. Требуется доставка на Землю образцов в замороженном виде, с химической фиксацией или в живом виде, в транспортировочном устройстве ТР.

2.5. Количественный критерий полноты выполнения задач КЭ.

Критериями полноты выполнения задач КЭ являются:

- нормальное функционирование аппаратуры, предназначенной для выполнения КЭ;
- нормальное функционирование контрольно-измерительной аппаратуры и датчиков;
- выполнение в полном объеме протокола эксперимента;
- получение необходимой информации, полученной в ходе эксперимента, качество фото- и видеоизображений объектов исследований;
- соблюдение технологии сохранения и доставки материалов на Землю.

3. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ.

3.1. Наименование и назначение аппаратуры, устанавливаемой на КА.

Установка «Биолаборатория-М» предназначена для проведения экспериментов с культурами органов тканей и клеток растений, животных и человека, культурами одноклеточных организмов и проростками растений.

3.2. Поблочный состав.

3.2.1. Термостат, предназначенный для создания внутри замкнутого рабочего объема условий, необходимых для проведения биологических экспериментов (температуры, искусственной гравитации, освещенности и времени проведения эксперимента).

3.2.2. Технологический блок, предназначенный для подключения Биолаборатории-М к системам жизнеобеспечения МКС, управления ходом эксперимента и выполнения различной рода работ, связанных с выполнением КЭ.

3.2.3. Транспортировочное устройство, предназначенное для доставки, хранения и возврата на Землю биологических объектов, предназначенных для проведения КЭ.

Примечание. Схема электрическая общая и чертеж общего вида Биолаборатории-М прилагаются (см. Приложение 1 и 2).

3.3. Требования к характеристикам аппаратуры.

3.3.1. Диапазон поддержания температуры в рабочем объеме термостата от +20°C до +40°C.

3.3.2. Точность поддержания температуры в рабочем объеме термостата $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

3.3.3. Диапазон поддержания искусственной гравитации, создаваемой в центрифуге. g, от 0 до 2.

- 3.3.4. Дискретность установки величины гравитации, g, 0.1.
- 3.3.5. Величина температуры, поддерживаемой в холодильнике ТР +4°C.
- 3.3.6. Точность поддержания температуры в холодильнике $\pm 0,1^\circ\text{C}$.
- 3.3.7. Величина температуры, поддерживаемой в морозильнике ТР -15°C.
- 3.3.8. Точность поддержания температуры в морозильнике $\pm 1^\circ\text{C}$.
- 3.3.9. Блоки Биолaborатории-М должны работать от сети постоянного тока напряжением $28,5^{+0,5}_{-5,5}\text{В}$ и обеспечивать защиту каналов питания от токов перегрузки и коротких замыканий.
- 3.3.10. Габариты передних панелей всех блоков Биолaborатории-М не превышают 650 x 450 мм.
- 3.3.11. Глубина любого из блоков не превышает 500 мм.
- 3.3.12. Объем Биолaborатории-М не более 0,3 м³
- 3.3.13. Общая масса Биолaborатории-М не должна превышать 80 кг.

3.4. Перечень необходимых макетов, контрольно-измерительной аппаратуры, конструкторской и эксплуатационной документации, входящей в состав поставок.

Макеты и контрольно-измерительная аппаратура в комплект поставки Биолaborатории-М не входят.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕАНСОВ КЭ.

4.1. Состав и назначение средств выполнения контрольных измерений и обработки материалов, полученных при проведении КЭ.

Контрольные измерения представляют собой параллельное проведение контрольную биологического эксперимента на территории постановщика эксперимента.

Обработка полученных материалов после их возвращения на Землю так же проводится на базе постановщика эксперимента.

4.2. Требования к создаваемым средствам, устройствам и сооружениям не предъявляются.

5. ТРЕБОВАНИЯ К НАЗЕМНОЙ ПОДГОТОВКЕ И ОТРАБОТКЕ КЭ.

5.1. Основные программные и методические документы по КЭ.

При подготовке КЭ должны быть разработаны следующие программные и методические документы:

- программа лабораторно-отрабочных испытаний (ЛОИ);
- программа контрольно-доводочных испытаний (КДИ);
- программа и методика проведения КЭ на борту РС МКС;
- программа подготовки экипажа и наземного персонала по проведению КЭ и программа автономных комплексных испытаний разрабатывает РКК Энергия:

5.2. Порядок и сроки разработки, изготовления, испытаний и поставки научной аппаратуры:

- | | |
|--|---------|
| – разработка аванпроекта | 2000г. |
| – разработка ТЗ | 2002г. |
| – разработка эскизного проекта | 2003г. |
| – изготовление макета опытного образца | 2003г. |
| – испытание макета опытного образца на соответствие требованиям ТЗ | 2004г. |
| – разработка рабочей документации | 2004г. |
| – изготовление опытного образца | 2005г. |
| – отработка программ КЭ | 2006 г. |

- проведение ЛОИ и КДИ 2006 г.
- корректировка рабочей документации 2006 г.
- изготовление штатных образцов 2007 г.

Сроки выполнения этапов могут изменяться в ходе их выполнения.

5.3. Виды автономных испытаний аппаратуры.

5.3.1. Лабораторно-отрабочные испытания (ЛОИ) предназначены для проверки правильности схемных и конструкторских решений, определения соответствия параметров аппаратуры требованиям ТЗ.

5.3.2. Для проведения ЛОИ необходимо изготовить опытный образец Биолaborатории-М и макет лабораторного имитатора бортовой сети РС МКС.

5.3.3. Контрольно-доводочные испытания (КДИ) предназначены для проверки соответствия аппаратуры требованиям КД, проверки работоспособности на предельных режимах эксплуатации (в т.ч. при транспортировке на штатных средствах доставки) и подтверждения назначенного ресурса, а также определения технического ресурса и проверки запасов работоспособности за пределами требований КД.

5.3.4. Для проведения КДИ необходимо изготовить опытный образец Биолaborатории-М и имитатор бортовой сети РС МКС.

5.3.5. Автономные комплексные испытания в составе РС МКС, предназначенные для проверки работоспособности аппаратуры и интерфейсной совместимости с системой управления ИУС РС МКС и радиотелеметрической системой (РТС).

5.3.6. Для проведения автономных комплексных испытаний необходимо изготовить штатные образцы Биолaborатории-М.

5.4. Перечень основных работ и сроки подготовки средств наземного обеспечения сеансов КЭ.

Требования к основным работам и срокам подготовки наземного обеспечения КЭ не предъявляются.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОДУЛЮ РС МКС ПО ПРОВЕДЕНИЮ КЭ.

6.1. Требования к КА.

6.1.1. Требования к конструкции КА, обеспечивающие эксплуатацию НА при проведении экспериментов:

- конструкция КА должна обеспечивать размещение и закрепление блоков Биолaborатории-М внутри ГО;
- величина поля зрения должна быть достаточной для визуального наблюдения за аппаратурой и проведения манипуляций, связанных с обслуживанием Биолaborатории-М; для выполнения экспериментов требуется техническое обслуживание Биолaborатории-М космонавтом-исследователем.

6.1.2. Требования к функциональным системам РС МКС по обеспечению выполнения задач КЭ:

- необходимость управления Биолaborаторией-М в ручном режиме;
- необходимость передачи на Землю научной информации по каналу телеметрии.

6.1.3. Требования к условиям функционирования НА в полете.

6.1.3.1. Специальных требований к условиям функционирования аппаратуры и к тепловому режиму в полёте не предъявляется.

6.1.3.2 Электропитание Биолaborатории-М обеспечивается напряжением мощностью не более 200 Вт.

6.1.3.3 Химические реактивы для проведения «фиксации» роста биологических объектов после проведения исследований находятся в специальных ампулах внутри герметичных биоконтейнеров.

6.1.4. Требования к установке НА в модуле РС МКС.

6.1.4.1 Блоки и отдельные приборы и устройства, входящие в состав Биолaborатории-М, монтируются экипажем на РС МКС в следующем порядке:

- распаковка доставленного оборудования — 0,5 час;
- монтаж оборудования на РС МКС — 1 час;
- подготовка рабочего места — 0,5 час;
- подключение аппаратуры к системам электропитания и телеметрии — 0,5 час;
- проведение тестовых проверок — 0,5 час.

6.2. Требования по обеспечению расходуемыми материалами.

6.2.1. Состав материалов, расходуемых при работе НА.

Для проведения конкретного эксперимента биологический объект доставляется на борт РС МКС в герметичном биоконтейнере транспортировочным устройством, в котором одновременно доставляется магнитный носитель для ПК с записью программы проведения этого эксперимента.

6.2.2. Перечень возвращаемых на Землю материалов, получаемых в процессе КЭ.

После завершения КЭ на Землю в транспортировочном устройстве возвращаются все привезённые ранее биоконтейнеры и магнитный носитель, на котором записан ход проведения эксперимента, и видеoinформация (если это заложено в программе эксперимента).

6.2.3. Требования к периодичности и способу доставки восполняемых материалов — не предъявляются.

6.2.4. Требования к сохранности возвращаемых материалов.

Требования к сохранности возвращаемых материалов изложены в программе каждого отдельного эксперимента и обеспечиваются аппаратурой, входящей в состав Биолaborатории-М, а также техническими параметрами транспортировочного устройства.

6.3. Требования по условиям проведения сеанса КЭ.

6.3.1. Требования к внешним условиям — не предъявляются.

6.3.2. Требования к орбите и точности знания места положения КА при проведении сеанса КЭ — не предъявляются.

6.3.3. Требования по наведению осей визирования в сеансе эксперимента — не оговариваются.

6.3.4. Требования по временным характеристикам проведения сеансов КЭ обуславливаются программой проведения конкретного эксперимента.

6.3.5. Требование к точности привязки научной информации к системе единого времени — не оговаривается.

6.3.6. Основные операции, выполняемые экипажем в процессе проведения КЭ:

- установить доставленное на РС МКС ТР на заранее подготовленном месте и подключить его к бортовому питанию;
- включить аппаратуру, входящую в состав Биолaborатории-М, и с помощью специализированного ПК в диалоговом режиме проверить работоспособность комплекса;
- извлечь магнитный носитель из доставленного транспортировочного устройства и установить его в ПК;

– вывести записанную программу проведения эксперимента на монитор ПК и далее выполнять работы в соответствии с этой программой.

Примечание. В число операций, выполняемых членом экипажа, в частности, должны входить:

– извлечение биоконтейнеров из транспортировочных устройств и установка их в термостат центрифуги,

– проведение различных манипуляций с биоконтейнерами в процессе проведения КЭ или после его завершения в соответствии с программой эксперимента,

– установка биоконтейнеров в транспортировочное устройство после проведения КЭ и установку его на транспортно-грузовой корабль для отправки на Землю.

6.4. Требования к наземному комплексу управления (НКУ).

6.4.1. Задачи комплекса при проведении КЭ не регламентируются.

6.4.2. Требования к осуществлению контроля проведения сеансов КЭ ограничиваются приёмом и регистрацией телеметрических сигналов от Биолоборатории-М и проведению контрольных КЭ на одном из штатных образцов Биолоборатории-М в наземных условиях.

6.5. Требования к экипажу КА.

6.5.1. Требования к подготовке экипажа.

Члены экипажа КА должны изучить программу проведения экспериментов, освоить аппаратуру, входящую в состав Биолоборатории-М, и провести наземные тренировочные биологические эксперименты совместно с постановщиками КЭ. При проведении эксперимента экипаж должен точно выполнять все предписания, изложенные в бортовой инструкции, а также указания специалистов, поступающие из ЦУП-М.

6.5.2. Состав учебно-тренировочных средств.

В состав учебно-тренировочных средств может входить один из штатных образцов Биолоборатории-М, прошедший биотехнические испытания, и набор биологических объектов, подготовленных постановщиками КЭ.

6.5.3. Порядок подготовки экипажа к проведению КЭ.

Порядок подготовки членов экипажа к проведению КЭ должен быть определён на стадии испытания опытного образца Биолоборатории-М. Объем подготовки экипажа и количество отводимого для этих целей времени уточняется постановщиком эксперимента по согласованию с РГНИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Для обучения экипажа должно быть запланировано не менее 6–8 занятий по 1,5 часа каждое.

7. СОСТАВ УЧАСТНИКОВ КЭ И ИХ ОБЯЗАННОСТИ.

7.1. Участники КЭ с украинской стороны и их обязанности:

7.1.1. Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Цитоскелет» и «Протопласт», разрабатывает ТЗ и программу на группу КЭ «Биолоборатория-М» (14 КЭ). Отвечает за работу с субподрядчиком (НПП «Дисковые системы», г. Киев), разработку и поставку комплекса аппаратуры, входящей в состав «Биолоборатории-М». Разрабатывает методическое обеспечение 2-х КЭ, проводит обучение космонавтов. Готовит материал для КЭ, проводит наземные контрольные эксперименты, обработку и анализ полученных результатов, выпуск отчетов, подготовку совместных публикаций.

7.1.2. Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Липосома» и «Иммунитет», разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.3. Институт физиологии растений и генетики НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Опухоли растений»- разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.4. Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Нетклетки» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.5. Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Клетка-вирус» и «Индукция»- разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.6. Институт биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Биоминерализация» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.7. Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Област» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.8. Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Фрагментация» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.1.9. Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины (г. Киев) — постановщик КЭ «Ритм» и «Лимфоцит» — разрабатывает ТЗ и программу КЭ, обеспечивает методическое обучение космонавтов, проводит наземные эксперименты, готовит КЭ, обрабатывает и анализирует полученные результаты, выпускает отчет.

7.2. Участники КЭ с российской стороны и их обязанности:

7.2.1. РКК «Энергия» им. С.П. Королева — обеспечивает согласование технической документации; согласование программы КЭ, выпуск методики КЭ, привязку аппаратуры к месту ее размещения, а также стыковку аппаратуры с системой управления бортовой аппаратурой и медицинским компьютером; участие в испытаниях аппаратуры; доставку и размещение аппаратуры на РС МКС; реализацию эксперимента на РС МКС; контроль за работоспособностью аппаратуры, задействованной в КЭ; проведение первичной обработки информации с аппаратуры, передачу ТМ-информации, поступающей с борта МКС, в ГНЦ ИМБП РАН; выпуск бортовой документации; выпуск экспресс-отчетов;

7.2.2. РГНИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина — обеспечивает базу и условия для обучения и подготовки космонавтов к проведению КЭ, отработка на макете «Биолаборатории-М» всех манипуляций и приемов, которые будут проводиться в условиях полета, не позднее, чем за 6 месяцев до старта соответствующего экипажа экспедиции.

7.2.3. ГНЦ ИМБП РАН — участие в подготовке и постановке КЭ, получает первичную ТМ-информацию с борта МКС и передает ее постановщикам КЭ, участвует в подготовке космонавтов, в обработке и анализе экспериментального материала, в выпуске отчетной документации.

7.2.4. МГУ — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.5. Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной

документации.

7.2.6. Биологический институт Санкт-Петербургского Государственного Университета — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.7. Институт цитологии РАН — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.8. Институт цитологии и генетики СО РАН (г. Новосибирск) — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.9. Институт биологии развития РАН — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.10. Институт физиологии растений РАН — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

7.2.11. Санкт-Петербургский Государственный Университет — участие в подготовке и постановке КЭ, обработке и анализе полученных результатов, в выпуске отчетной документации.

Приложение

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГРУППЫ КЭ «БИОЛАБОРАТОРИЯ М»

1. Сущность исследуемой проблемы

Исследуемая проблема относится к области гравитационной клеточной биологии и заключается в познании механизмов гравичувствительности клетки как основы для выяснения возможностей роста, развития и репродукции организмов в условиях отсутствия силы тяжести и, таким образом, решения общебиологической проблемы — роли гравитации в функционировании биосферы, и прикладных задач космической биологии.

2. Краткая история и состояние вопроса в настоящее время

В результате комплексных исследований бактерий, низших и высших растений, животных и растительных клеток в культуре *in vitro*, которые находились в активном физиологическом состоянии в течение космических экспериментов, проводившихся на протяжении 25 лет с использованием цитологических, биохимических, биофизических и молекулярно-биологических методов, были установлены существенные изменения метаболизма и структурной организации клеток различных типов — специализированных гравирецепторных и не специализированных к восприятию гравитации, что привело к открытию гравичувствительности клетки.

Открытие гравичувствительности клетки привлекло внимание к выяснению механизмов биологических эффектов микрогравитации на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях. На основе экспериментальных данных был сделан вывод о том, что пролиферирующие и активно метаболизирующие клетки являются наиболее чувствительными к влиянию измененной гравитации. Одновременно эта концепция вызвала ряд вопросов: 1) какие первичные события вызывают изменения метаболизма в условиях микрогравитации, 2) какие вторичные мессенджеры могут принимать участие в передаче первичных сигналов микрогравитации, 3) изменяется ли генная экспрессия в условиях микрогравитации, 4) какие особенности регуляции клеточного метаболизма имеют место в условиях микрогравитации, 5) почему углеводный и липидный обмены являются наиболее чувствительными к действию микрогравитации, 6) изменяются ли параметры клеточного цикла и пролиферативная активность в условиях микрогравитации и 7) каким образом изменения клеточного метаболизма интегрируются в физиологические ответы, непосредственно связанные с функционированием клеток разных типов. В поисках

ответа на эти вопросы была сформулирована гипотеза гравитационной декомпенсации. Согласно этой гипотезе, в условиях микрогравитации происходят перестройки физико-химических свойств цитоплазматической мембраны, индуктором которых может выступать при существенном снижении или отсутствии гидростатического давления изменения вклада поверхностного натяжения в напряженность цитоплазматической мембраны. Перестройки физико-химических свойств мембраны вызывают изменения в ее проницаемости, функционировании рецепторов, активности мембраносвязанных ферментов, что приводит в свою очередь к изменениям метаболизма и проявляется в конечном счете в физиологических ответах клеток и организмов на действие микрогравитации.

3. Выбор и обоснование КА для проведения КЭ.

Для ответа на поставленные вопросы необходимо проведение новой серии экспериментов в условиях микрогравитации с обязательным полетным контролем 1 g и адекватными задачам экспериментов объектами и методами исследования.

4. Краткое описание КЭ.

Проведение группы космических экспериментов планируется в установке «Биолаборатория-М», обеспечивающей постоянные температурные условия и возможность создания на борту 1 g в качестве полетного контроля, без чего в настоящее время невозможны исследования влияния микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях. Подготовка космических экспериментов предусматривает проведение предварительных наземных экспериментов в стандартных условиях культивирования исследуемых объектов, в условиях клиностатирования, позволяющего частично воспроизводить биологические эффекты микрогравитации, и с использованием космического оборудования для отработки всех деталей протоколов космических экспериментов, отработки методов анализа экспериментального материала и его исследований, составления банка данных, полученных в наземных условиях для последующего сравнения с данными космических экспериментов, а также составление оперативных программ каждой экспедиции (не менее, чем за год до ее осуществления), которые координируют действия участников экспериментов в получении и обработке экспериментальных материалов для наибольшей эффективности дорогостоящих космических экспериментов по получению новой научной информации. Для избежания влияния перегрузок при подъеме космического корабля материал должен доставляться на борт в охлажденном или покоящемся состоянии, так что эксперименты начинаются спустя определенное время после подъема. По окончании эксперимента материал фиксируется или замораживается и в таком виде может находиться определенное время на борту перед доставкой на Землю; часть материала доставляется на Землю в охлажденном виде, для чего после окончания эксперимента образцы помещаются в холодильник и находятся там до спуска. В течение ряда экспериментов предполагается фото- и видеосъемка объектов. Большинство операций по управлению экспериментом предполагается проводить в автоматическом режиме. С участием всех исполнителей составляется протокол эксперимента, согласно которому осуществляется подготовка космонавтов к проведению необходимых манипуляций с объектами.

Для исследований влияния микрогравитации на клеточном и молекулярном уровнях подобраны разнообразные модельные системы, в частности, искусственные фосфолипидные (липосомы) и биологические мембраны, растительные клетки с верхушечным ростом, фотосинтезирующие клетки, эндокринные клетки различного типа, нейриты и их рост, изолированные центральные и периферические нейроны, одноклеточные и ценобиальные водоросли, протонема мхов, опухолевые клетки растительного и животного происхождения, трансформированные нервные клетки в

процессах пролиферации и дифференциации при действии фактора роста нервов, а также корончатые галлы, индуцированные *Agrobacterium tumefaciens*, процессы их индукции и эффективности действия противоопухолевых препаратов.

5. Ожидаемые результаты и их предполагаемое использование

Выполнение этой группы экспериментов позволит получить оригинальную научную информацию о гравизависимых базовых клеточных процессах, приблизиться к выяснению механизмов гравичувствительности клетки и, таким образом, к пониманию роли постоянно действующей на Земле силы тяжести в функционировании живых систем. Полученные фундаментальные знания необходимы также для разработки эффективных космических клеточных биотехнологий в интересах биологической науки, медицины и сельского хозяйства.

6. Новизна, оценка качественного уровня по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными исследованиями; ожидаемый эффект от проведения КЭ.

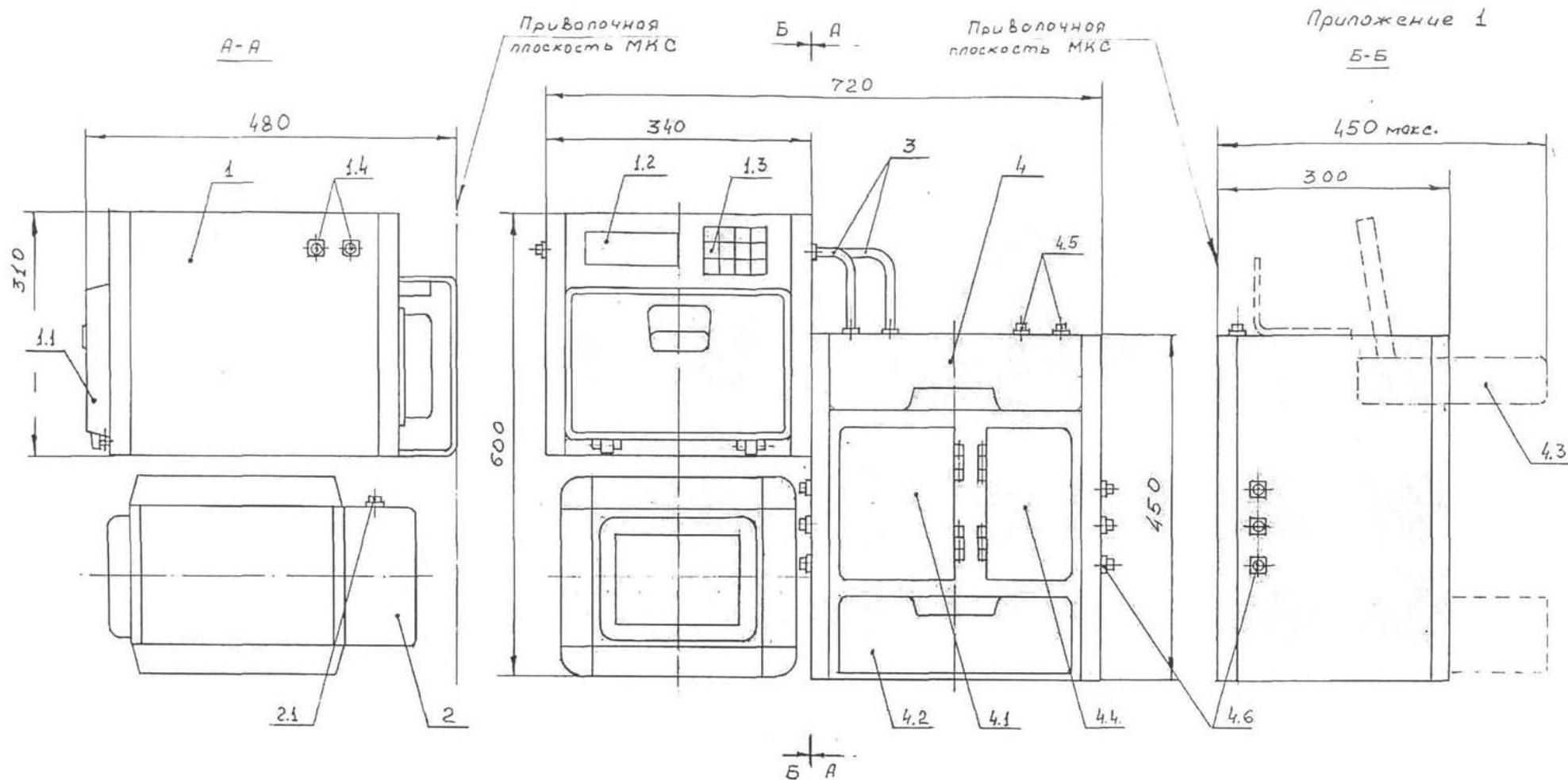
Основу группы КЭ составляет разностороннее экспериментальное тестирование оригинальных теоретических представлений о гравичувствительности клетки, что обусловило новый подход к планированию направленности и последовательности космических экспериментов с использованием уникальных возможностей микрогравитации.

7. Перечень коммерческих сведений.

Получение принципиально новых знаний, публикация результатов КЭ в престижных научных журналах и презентация на соответствующих научных форумах, использование фундаментальных знаний в прикладных разработках.

Руководитель группы КЭ

Е.Л. Кордюм



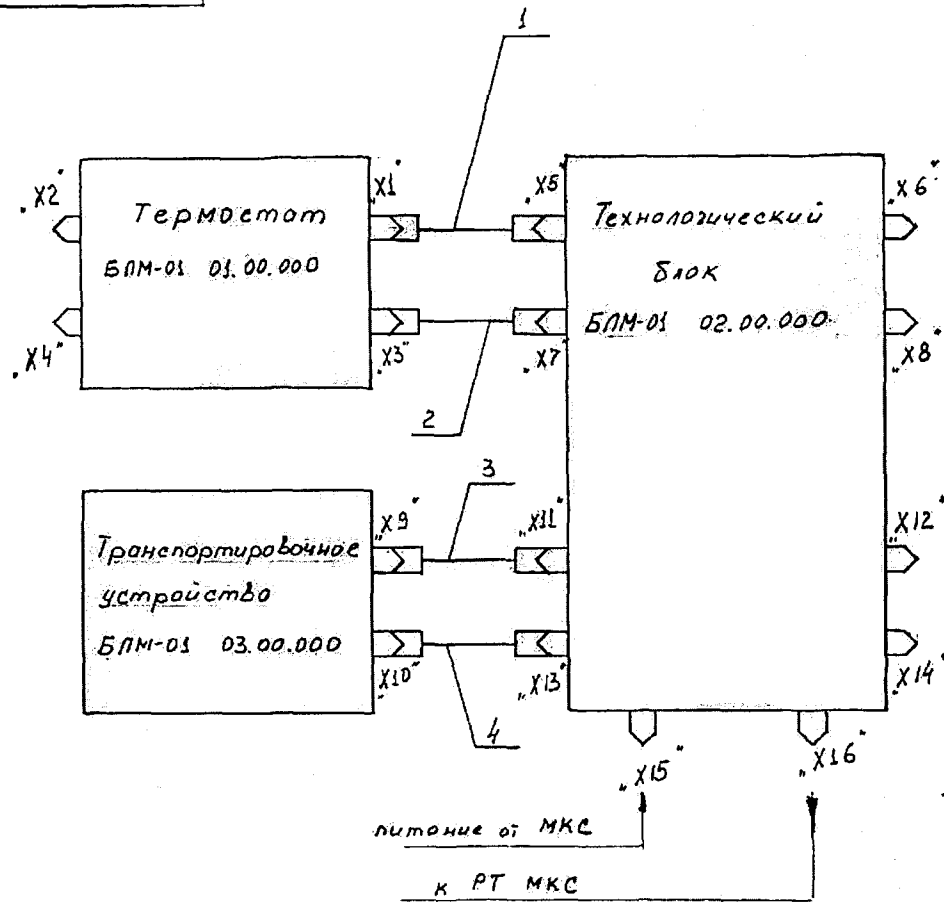
1. Термостат
 - 1.1. Крышка
 - 1.2. Панель индикации
 - 1.3. Панель управления
 - 1.4. Розетки подключения технологического блока
2. Транспортировочное устройство
 - 2.1. Розетки подключения технологического блока
3. Кабели соединения термостата с технологическим блоком

4. Технологический блок
 - 4.1. Телевизионный микроскоп
 - 4.2. Технологическая платформа
 - 4.3. Специализированный ПК
 - 4.4. Модуль сопряжения
 - 4.5. Розетки подключения термостата
 - 4.6. Розетки подключения МКС и транспортировочного устройства

«Биолаборатория М»

Масса не более 80 кг
Объем не более 0,3 м³

БЛМ-01 00.00.000В0
М 1: 5



- „X1, X2“ Вилка 2РМД Б7Ш9В1 ГЕО.364.126ТУ
- „X3, X4“ Розетка РС 32ТВ АВО.364.047ТУ
- „X5, X6“ Розетка 2РМД Б45Г5Е1 ГЕО.364.126ТУ
- „X7, X8“ Вилка 2РС 32ТВ АВО.364.047ТУ
- „X9“ Вилка 2РМД Б7Ш9В1 ГЕО.364.126ТУ
- „X10“ Розетка РС ТВ АВО.364.047ТУ
- „X11, X12“ Розетка 2РМД Б45Г5Е1 ГЕО.364.126ТУ
- „X13, X14“ Вилка 2РС ТВ АВО.364.047ТУ
- „X15“ Вилка 2РМД Б7Ш9В1 ГЕО.364.126ТУ
- „X16“ Розетка 2РС 50ТВ АВО.364.047ТУ

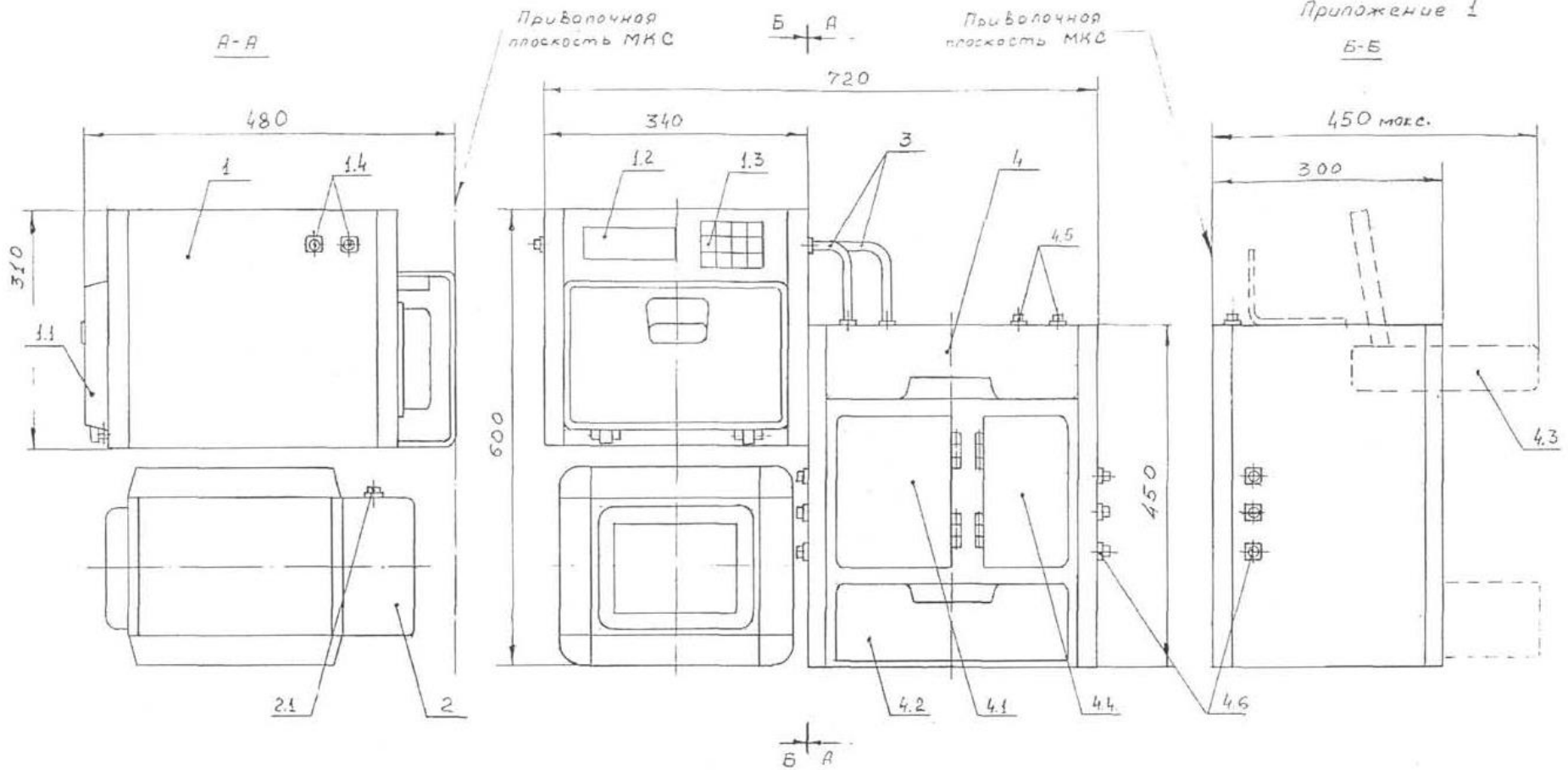
Примечание

1. Электрические цепи вилок „X1“ и „X2“, как и розеток „X3“ и „X4“ так же, как и розеток „X5“, „X6“ и „X7“, „X8“ запаралелены специально подключения термостата как слева, так и справа от технологического блока.
2. Электрические цепи розеток „X11“, „X12“, как и вилок „X13“ и „X14“ запаралелены специально подключениями транспортировочного устройства как слева, так и справа от технологического блока.

№/п	Обозначение	Длина кабеля	К-во	Примечание
1	БЛМ-01 02.00.100	500 мм	1	
2	БЛМ-01 02.00.200	500 мм	1	
3	БЛМ-01 02.00.300	500 мм	1	
4	БЛМ-01 02.00.400	500 мм	1	

				БЛМ-01 00.00.000ЭБ		
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Бислоботория М	
Ред	Ред	Тбилиский			Схема электрическая	
Тех.карт					общая	
И.контр					Лист	Листов 1
Умб	КОЧОН				НПП	
					Дисковые системы	

Приложение 2



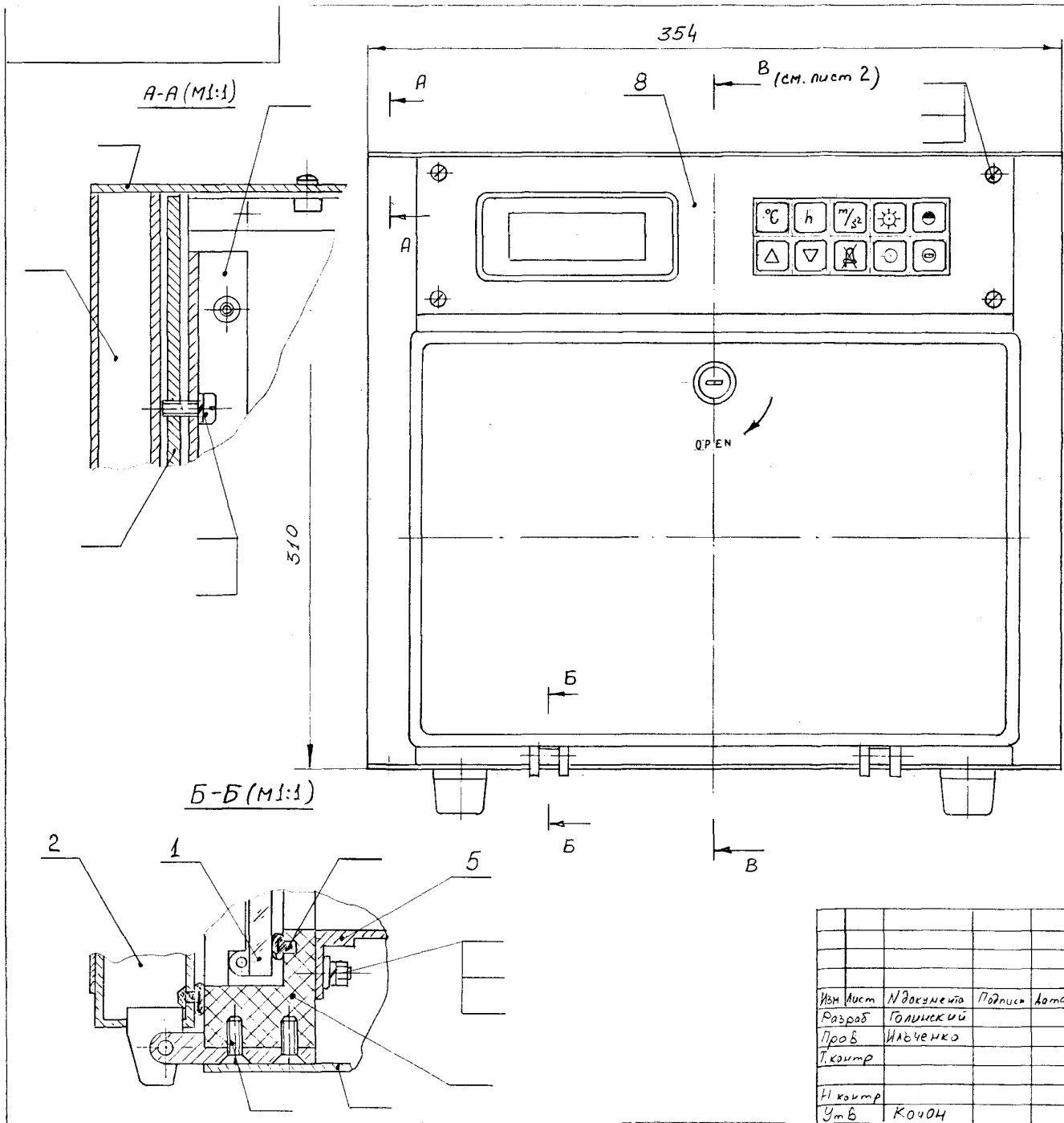
- 1. Термостат
 - 1.1. Крышка
 - 1.2. Панель индикации
 - 1.3. Панель управления
 - 1.4. Розетки подключения технологического блока
- 2. Транспортировочное устройство
 - 2.1. Розетки подключения технологического блока
- 3. Кабели соединения термостата с технологическим блоком

- 4. Технологический блок
 - 4.1. Телевизионный микроскоп
 - 4.2. Технологическая платформа
 - 4.3. Специализированный ПК
 - 4.4. Модуль сопряжения
 - 4.5. Розетки подключения термостата
 - 4.6. Розетки подключения МКС и транспортировочного устройства

«Биолаборатория М»

Масса не более 80 кг
Объем не более 0,3 м³

БЛМ-01 00.00.000В0
М 1: 5

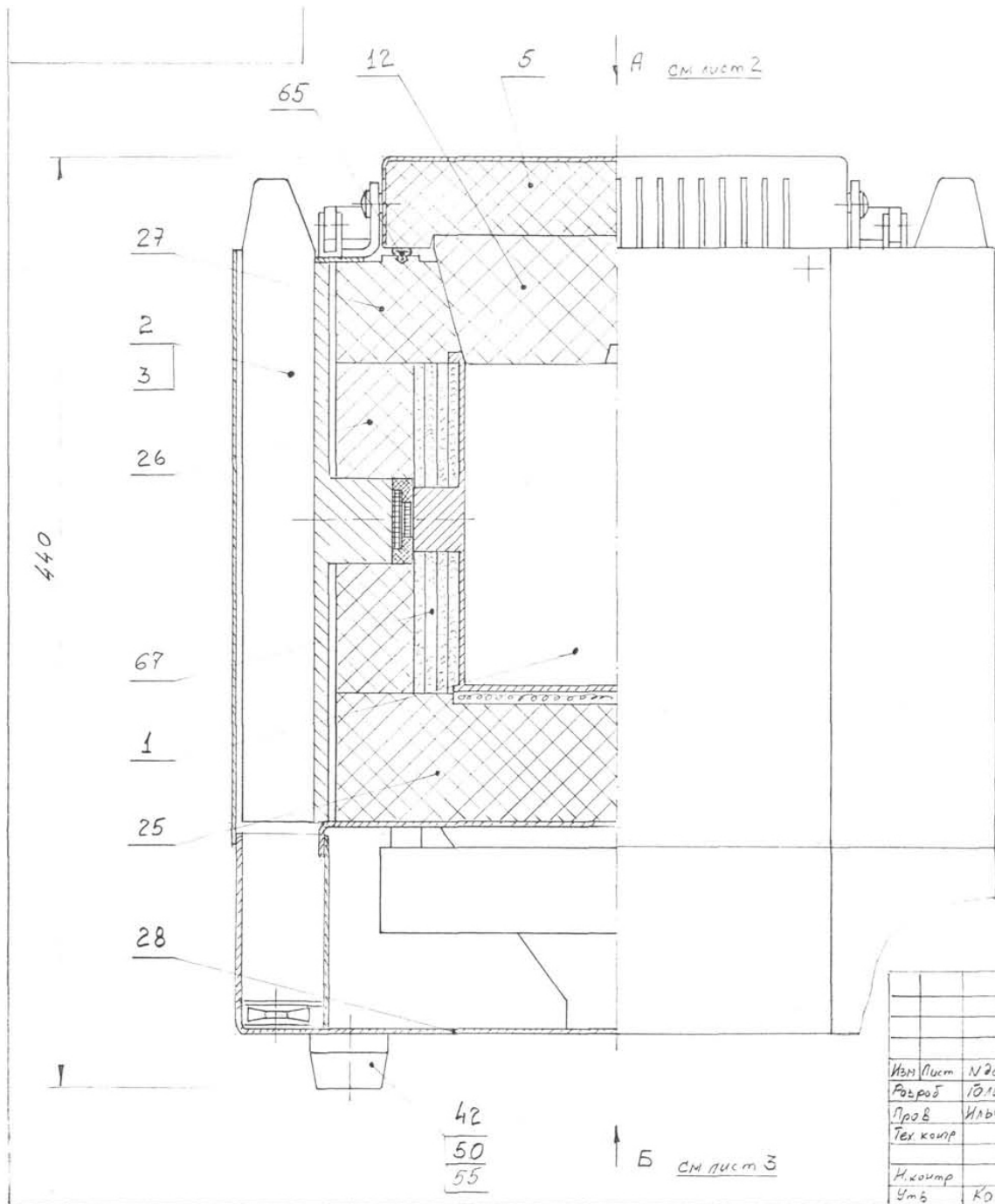


Технические характеристики

1. Объем рабочей камеры 18 дм³
2. Диапазон поддержания рабочей температуры в пределах от 20°С до 40°С.
3. Диапазон поддержания искусственной гравитации в пределах от 0,4g до 2,0g.
4. Искусственное освещение рабочей камеры в пределах до
5. Рабочее напряжение питания 28В.
6. Потребляемая мощность не более 25 Вт.
7. Время непрерывной работы 30 сут.
8. Габаритные размеры: Высота 310 мм
ширина 354 мм
глубина 480 мм
9. Масса не более 20 кг.

Размеры для справок.

			БЛМ-01 01.00.000 СБ		
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Масштаб
		Разраб	Голышевский		1:2
		Пров	Ильченко		
		Т. контр			
		И. контр			
		Умб	Кочун		
			Термостат Сборочный чертеж		
			Листа	Масса	Масштаб
			Э		1:2
			Лист 1	Листа 6	
			НПП ДискоБор системы		



Технические характеристики

- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Объем рабочей камеры | 2,4 дм ³ |
| 2 Рабочая температура | +4°С
минус 15°С |
| 3 Рабочее напряжение питания | 220 В
110 В
28 В
12 В |
| 4 Потребляемая мощность | 45 Вт. |
| 5 Габаритные размеры : | высота 320 мм
ширина 360 мм
глубина 440 мм |
| 6 Масса не более | 20 кг |

Примечание

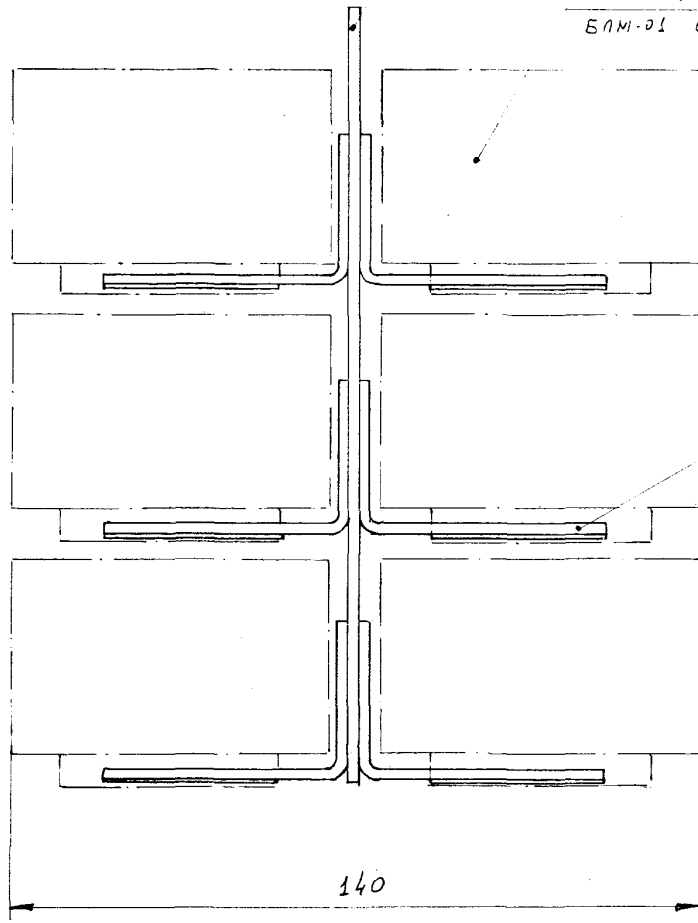
1. Размеры для справок.
2. Радиус описанной окружности в плане 400 мм.

БЛМ-01 03.00.000 В0

Изм	Лист	И.документа	Подпись	Дата	Транспортировочное устройство	Литра	Масса	Масштаб
Разр	50	Ильинский			Чертеж общего вида	Э		1:2
Пров	55	Ильинский						
Тех копир								
И.коинт								
Утв		Кочан						Дисконная система

Панель
БЛМ-01 03.10.001

Биоконтейнер
БЛМ-01 00.01.000

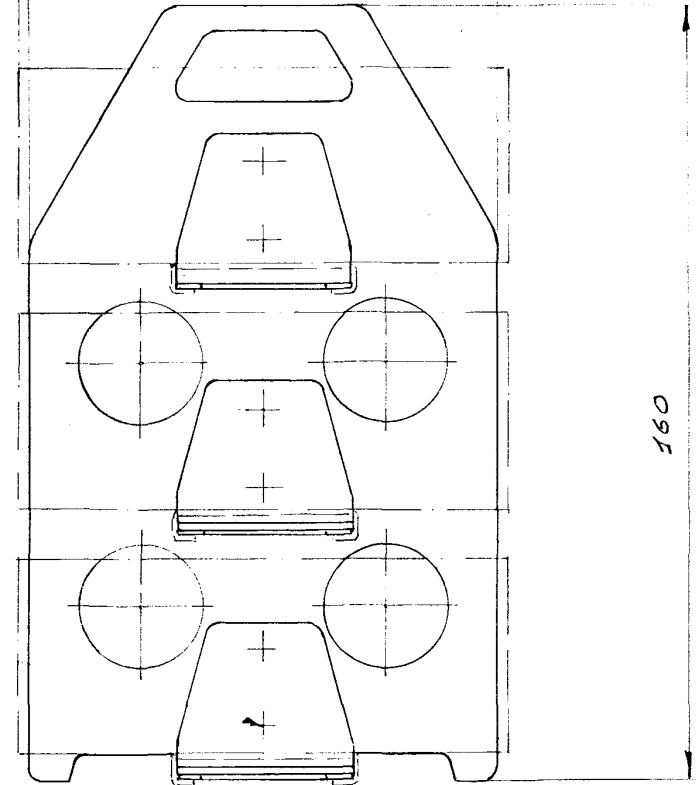


Направляющая
БЛМ-01 03.10.002
Пружина
БЛМ-01 03.10.003

Защелка
ГОСТ 10299-82

100

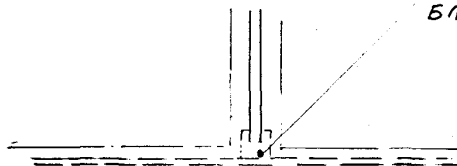
96



160

Размеры для справок.

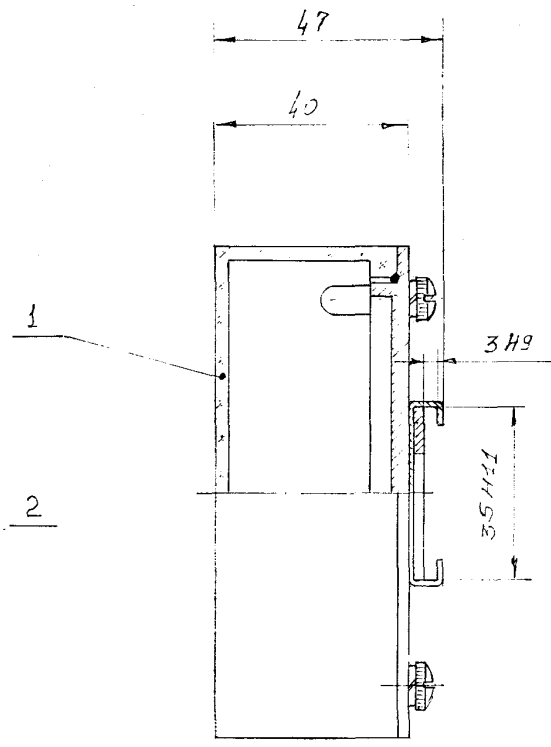
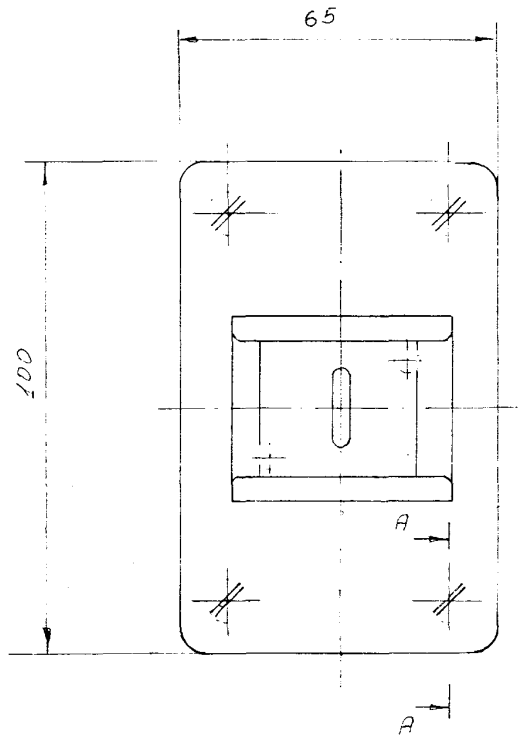
Комера
БЛМ-01 03.01.000



БЛМ-01 00.02.000 В0

№ п/п	Исполн.	Назначение	Подпись	Дата	Космета	Лист	Масштаб	Число листов
1	Галицкий	Разраб			Космета	3	1:1	1
2	Ильченко	Проб			Чертеж общего вида			
3	Кочан	Инж. контр						

Итого листов 3



5

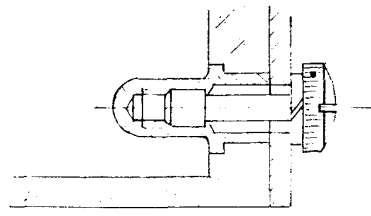
Технические характеристики

1. Фабричный образец 150 эл.3
2. Корпус поз.1 должен изготавливаться из неэлектропроводящего диэлектрического материала.
3. Герметичность обеспечивается применением прокладки поз.5.

A-A
(M2xL)



Размеры Э-2 образца



				574-01 22.02.2005		
Имя	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Листов	Масштаб
Разраб		Э.2				1:1
Проб		Изм.№				
Тех.карт						
Авант						
Упр.						
					Лист	Листов 1
					ИИИ	
					Дирекция системы	

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е. А. Ильин
_____2002г.

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«НЕЙРОН»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: вед. науч. сотрудник ГНЦ РФ — ИМБП РАН, к.м.н. И.Б.Краснов

от Украины: зав. лабораторией Института биохимии НАНУ, к.б.н. В.Г. Гиммельрейх

Эксперимент «Нейрон»

1. Состояние вопроса, обоснование актуальность: Исследование состояние нервной системы высших животных, в том числе и человека, в космическом полете представляет огромный интерес, как в теоретическом, так и практическом аспектах, прежде всего для адекватной оценки поведенческих характеристик и самочувствия космонавтов. Подавляющее большинство полетных экспериментов, направленных на изучения состояния нервной системы, было выполнено на крысах. Морфологические и гистохимические исследования головного и спинного мозга крыс в экспериментах на биоспутниках «Космос» выявили структурные, и метаболические перестройки, отражающие процессы адаптации структур нервной системы к функционированию в условиях микрогравитации. Исследования мозга животных, экспонированных в условиях измененной силы тяжести — микрогравитации на борту пилотируемых и беспилотных космических аппаратов и гипергравитации, в наземных экспериментах — на центрифуге показали, что в этих условиях происходят заметные изменения морфологических характеристик нервных клеток. Изменяются форма и размеры, как тела нейрона, так и его отростков: аксона и дендрита, число и структура межнейрональных контактов нейроглиальные взаимодействия, межъядерные и внутрикортикальные связи, характеристики процесса синаптической передачи и т.д. Кроме того, в мозге крыс, развившихся космическом полете, были выявлены участки гибели нейронов. Все это свидетельствует о высокой чувствительности нервной системы к изменению параметров гравитационного фактора. Для более детального и углубленного исследования структурно-функциональных перестроек в нервных клетках чрезвычайно удобным объектом могут служить первичные культуры нервных клеток *in vitro*.

2. Цель эксперимента Выяснение молекулярных механизмов адаптации нервных клеток к условиям космического полета (микрогравитации).

3. Задачи эксперимента:

- изучение формы, размеров, количества ядер и ядрышек методом морфометрии -изучение ультраструктурной организации нервных клеток (ядра, митохондрий, цитоскелета, межклеточных контактов) методом электронной микроскопии
- определение плотности клеточной популяции (количества живых и погибших клеток)
- состояния цитоскелета иммунохимическим методом
- уровня трансмиссионной активности цитохромоксидазы цитохимическим методом
- определение активности глутаматных и ГАМК транспортеров плазматической мембраны нервных клеток с использованием радиоактивно меченых нейромедиаторов
- изучение процесса экзоцитоза, освобождения [^{14}C] глутамата и [^3H] ГАМК из нервных окончаний

4. Объект и методы исследования: монослойная культура нервных клеток *in vitro*, изолированная из мозжечка эмбрионов крысы и растущая на твердом субстрате, препараты изолированных из головного мозга нервных окончаний (синаптосомы). Световая и электронная микроскопия, иммуногистохимия, морфометрия, цитохимия, нейрохимия.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН». «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностат и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Эксперимент «Нейрон» планируется провести в два этапа. Первый этап наземных экспериментальных исследований будет выполнен при моделировании эффектов измененной силы тяжести в лабораторных условиях с использованием клиностата и центрифуги. Второй — в условиях космического полета (микрогравитации) с помощью специально сконструированной камеры, позволяющей культивировать клетки автономно (без вмешательства оператора) длительный период времени (до 2-х недель). Предполагается культивационную камеру, принцип работы которой разработан российскими специалистами, в ходе подготовки полетного эксперимента адаптировать к бортовому комплексу «Биолаборатория», предоставляемому

украинской стороной или включить в состав бортового прибора «Biobox» сконструированного Европейским Космическим Агентством (ЕКА)

7. Послеполетный анализ биоматериала будет проведен совместно российским и украинскими специалистами научной программы эксперимента «Нейрон». Основное внимание в послеполетных исследованиях будет обращено на сравнительный анализ результатов полученных ранее в модельных экспериментах и данных полетного эксперимента. Исследования на полетных и наземных образцах будут выполнены с помощью методов перечисленных выше в разделе 4. В случае использования прибора «Biobox» к участию в послеполетных исследованиях будут приглашены специалисты стран, входящих в ЕКА.

8. Ожидаемые результаты: Сравнительный анализ данных, полученных в наземных и полетных экспериментах с нервными клетками, позволит, с нашей точки зрения, выяснить пути передачи информации об изменении величины и направления вектора силы тяжести в нервных клетках. Это, в свою очередь, даст возможность расширить наши знания об интегральном механизме восприятия и реализации и реализации гравитационного стимула в клетке. Кроме того, результаты исследований на нервных клетках должны внести определенный вклад в изучение особенностей функционирования нервной системы в условиях микрогравитации.

9. Кооперация: ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, (Москва) Институт мозга РАМН (Москва), Институт высшей нервной деятельности РАН (Москва), Институт молекулярной генетики РАН (Москва), Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАНУ (Киев), Институт молекулярной биологии и генетики НАНУ (Киев).

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е. А. Ильин

_____ 2002г

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«ОСТЕОГЕНЕЗ»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России зав. лабораторией ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.м.н, профессор В С. Оганов

от Украины: зав. отделом Института зоологии НАНУ, д.б.н. Н. В. Родионова

Эксперимент «Остеогенез»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность: Многолетние исследования состояния костной ткани человека и животных, после длительного пребывания в условиях микрогравитации позволили установить следующие факты:

- устойчивое снижение минеральной плотности (потерю) костной массы
- отрицательный баланс Ca^{++} , вследствие — его не востребуемости тканью;
- положительную корреляцию величины снижения минеральной плотности сегментов в зависимости от их механической нагрузки.

Для анализа процессов регенерации и ремоделирования костной ткани при различных внешних воздействиях, в том числе и гравитационных, одним из перспективных представляется использование в качестве объекта исследования культуры остеогенных клеток *in vitro*. Исследование клеточных культур с помощью современных методов позволяет изучить в контролируемых условиях любые аспекты жизнедеятельности клетки; такие как: пролиферативная активность, рост, растяжение, поляризация, дифференциация и т.д.

Отсюда, подготовка и проведение эксперимента «Остеогенез» осуществляемого для выполнения конкретной практической задачи- нормализации функционирования опорно-двигательного аппарата в условиях микрогравитации неразрывно связано с фундаментальной биологической проблемой — выявлением роли силы тяжести в генезисе и формировании соединительной и костной ткани.

2. Цель эксперимента: Получение новых данных о роли и значимости клеточных и гистогенетических механизмов адаптации опорно-двигательного аппарата человека и животных к условиям длительного космического полета.

3. задачи эксперимента:

- изучение цитогенетических, физиологических, биохимических и поведенческих характеристик клеток соединительной и костной тканей,
- изучение клеточно-популяционных характеристик процессов гистогенеза и регенерации соединительной и костной тканей,
- сравнительный анализ данных, полученных на клеточных культурах, с результатами исследований на тканевом и организменном уровнях с целью определения роли и закономерностей взаимодействия системных факторов с молекулярными и клеточными.

4. Объект и методы исследования: культура соединительно-тканых и костных клеток (фибробласты и остеобласты), растущая на твердом субстрате в условиях микрогравитации. Морфометрия, автордиография, световая и электронная микроскопия.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностаг и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Реализацию эксперимента «Остеогенез» можно осуществить с помощью аналогичной бортовой аппаратуры, которая будет использоваться для приведения вышеперечисленных экспериментов «Цитоскелет», «Мембрана», «Сигнал», т.е. прибора «Вюбох» или модуля комплекса «Биолаборатория», Однако для проведения данного эксперимента планируется разработать и сконструировать специальный бортовой комплекс с аналогичным названием «Остеогенез» состоящий из биокультуратора клеток (БКК), и холодильников: бортового «Криогем» и транспортного «Биотерм». Техническое задание на создание такого комплекса приборов было составлено применительно к условиям проведения исследований на РС МКС.

7. Послеполетный анализ биоматериала: При сравнительном анализе полетных и контрольных (наземных) образцов биоматериала, планируется изучение морфологии клеток, их физиологические, биомеханические и поведенческие характеристики. Кроме того, для получения общей картины гистогенеза костной ткани и особенностей ее формирования в условиях микрогравитации будут проведены исследования

метаболической активности предшественников: фибробластов и остеобластов, а именно — способности к продуцированию белково-углеводных комплексов (протеогликанов и гликопротеинов, образованию коллагеновых, ретикулиновых и эластичных волокон и т.д.)

8. Ожидаемые результаты: Изучение функциональной роли белково-углеводных компонентов, особенно протеогликанов, в формировании структурных элементов скелета позволит оценить степень их значимости в изменениях, происходящих в костной ткани в неблагоприятных условиях среды, в частности при ослаблении механической нагрузки, обусловленном резким снижением величины силы тяжести в космическом полете. Планируется также провести исследования в лабораторных условиях на земле для определения роли коллагеновых белков и их взаимодействия с фибронектином, обеспечивающего выполнение физиологических функций клетками соединительной и костной ткани.

9. Кооперация: ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, Институт молекулярной генетики (Москва), Институт физико-химической биологии и Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт физиологии, Институт зоологии и Институт молекулярной генетики НАНУ (Киев).

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е.А.Ильин

_____ 2002 г.

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИЙСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«СИГНАЛ»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: зав. группой ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.м.н. Л.Б.Буравкова

от Украины: зав. лабораторией Института мол. генетики НАНУ, д.б.н.

В.Н.Кравец

Эксперимент «Сигнал»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность

Как известно, гравитационное поле является источником очень слабых сигналов в биологических системах такого уровня как клетка. Для того, чтобы сигналы были восприняты клеткой и трансформированы во внутриклеточные структуры, эти сигналы должны быть существенно усилены. Система внутриклеточной сигнализации играет ключевую роль в выполнении этой задачи. И хотя можно искать клеточные ответы на гравитационный стимул в изменении метаболизма, локомоции, пролиферации клетки, причины этих изменений будут, несомненно, лежать в модификации системы внутриклеточной сигнализации. Отсюда весьма разумно исследовать роль и участия системы внутриклеточной сигнализации в осуществлении гравичувствительности клетки.

Согласно современным данным основную роль в передаче сигналов от плазматической (внешней) мембраны клетки к цитоплазматическим (внутриклеточным) структурам играют подсистемы G-белков, фосфатидилинозитного комплекса и ионы Ca^{++} как вторичного мессенджера. Очевидно, следует обратить внимание на все подсистемы, принимающие участие в передаче информации во внутриклеточном объеме.

2. Цель эксперимента

Проверка гипотезы о роли систем внутриклеточной сигнализации в процессах восприятия и передачи гравитационного стимула в клетке. Исследование элементов сигнальной проводящей системы, включающей подсистемы G-белков, фосфатидилинозитного комплекса и ионы Ca^{++} .

3. Задачи эксперимента

- изучение молекулярных механизмов трансдукции гравитационного стимула в клетке и роли системы внутриклеточной сигнализации;
- исследование функционирования фосфатидилинозитольной системы в условиях измененной силы тяжести;
- определение уровня Фосфатидилинозитол бифосфата та инозитолтрифосфата в клетке в условиях микрогравитации;
- изучение принципа взаимодействия различных подсистем и особенностей их интеграции в систему внутриклеточной сигнализации в условиях микрогравитации.

4. Объекты и методы исследования.

Культура животных *in vitro* и растительных клеток (фибробласты, остеобласты, кардиомиоциты, клетки побегов проростков, культура клеток растений). Морфометрия, спектрофотометрия, электроцитометрия, рН-метрия, электронная микроскопия, иммунохимия, методы молекулярной биологии и геной инженерии.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований.

Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностат и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура.

Так как в данном эксперименте, наряду с культурой животных клеток *in vitro*, планируется использовать растительные клетки *in situ*, то для проведения полетного эксперимента будут использованы два типа приборов. Один — из модулей бортового комплекса «Биолаборатория», а именно прибор для выращивания животных клеток в культуре *in vitro*, включающей систему термостатирования, фиксации и хранения биоматериала. Другой — бортовой прибор «Оранжерея» для исследований на растительных клетках *in situ*.

7. Послеполетный анализ биоматериала.

Для расшифровки особенностей функционирования различных подсистем системы внутриклеточной сигнализации, в первую очередь, необходимо выявить наиболее чувствительные к гравитационному фактору промежуточные этапы развития реакций в

процессе восприятия и передачи информации в клетке. Эти реакции можно условно разделить на кратковременные, с периодом функционирования в несколько секунд, и долговременные — измеряемые в часах. В первом случае было бы весьма интересным определить активность фермента протеинкиназы. С и/или G-белков, связанных с фосфатидилинозитным циклом и ионами кальция, что даст возможность проследить за кратковременными эффектами. Во втором случае при выявлении долговременных эффектов особое внимание следует обратить на гомеостаз Ca^{++} клетки, что можно измерить методом фотометрии. Действительно хорошо известно, что во время длительных космических полетов наблюдается интенсивная экскреция кальция из организма. Между тем кальций играет ключевую роль в системе внутриклеточной сигнализации, участвуя в качестве вторичного мессенджера. Таким образом, при сопоставлении результатов анализа активности различных подсистем, входящих в общую систему внутриклеточной сигнализации, разными методами можно рассчитывать на получение информации об активности функционирования всей системы в целом и способах ее регуляции в условиях измененной силы тяжести.

8. Ожидаемые результаты.

Предполагается, что при сравнительном анализе результатов, полученных при исследованиях полученных ранее на системном уровне при исследованиях на животных, экспонированных на борту космических аппаратов, и космонавтов после длительных космических полетов с данными эксперимента «Сигнал», полученными на культуре клеток можно будет сделать общее заключение о функционировании системы внутриклеточной сигнализации в условиях микрогравитации.

9. Кооперация

ГНЦ РФ-Институт медико-биологических проблем РАН. Институт физико-химической биологии МГУ, Национальный университет «Киево-Могилянская академия» и Институт ботаники НАНУ.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е. А. Ильин

_____ 2002 г.

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИЙСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«МЕМБРАНА»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: зав. лабораторией ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.б.н. М.Г. Таирбеков

от Украины: зав. отделом Института ботаники НАНУ, член-корр. НАНУ Е.Л. Кордюм

Эксперимент «Мембрана»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность: Биологические мембраны представляют собой главный инструмент регуляции клеточного метаболизма. Клеточная, ограничивающая внутреннее содержимое клетки от внешней среды, одновременно служит материальной основой для локализации различного рода рецепторов, в том числе и механорецепторов. Последние играют важную роль в процессах восприятия и трансформации физических сигналов из внешней среды во внутриклеточный континуум.

Биологические мембраны являются неотъемлемым компонентом всех без исключения клеток и внутриклеточных органелл. По современным данным биологические мембраны имеют сложную гетерогенную структуру, и представляют собой гликофосфолипидный димер, в который включены агрегаты белковых молекул, определяющие ее основные свойства. В норме, биомембрана находится в квазикристаллическом состоянии и по своим механическим свойствам напоминает вязкоупругое тело. Отсюда ясно, что изменение напряженности механического поля, обусловленное сдвигом величины или направления вектора силы тяжести, может привести к нарушению механических свойств мембраны, а, следовательно, оказать влияние на морфо-функциональный статус клетки.

2. Цель эксперимента: Получение экспериментальных данных, подтверждающих роль биологических мембран в процессах восприятия и реализации гравитационного стимула.

3. Задачи эксперимента: Изучение физико-химических и биомеханических свойств биомембран в условиях измененной силы тяжести (гипер-, гипо и микрогравитации)

– изучение влияния факторов космического полета, главным образом микрогравитации, на функциональное состояние биомембран с использованием модельных систем по взаимодействию рибосом и белков липосом.

– изучение биомеханических характеристик биомембран (упругости, вязкости и др.) при изменении величины силы тяжести

4. Объект и методы: Биологические мембраны одноклеточных организмов, животных и растений, искусственные мембраны.

Применение высокоэффективных молекулярных зондов, встраивающихся в мембрану. Разработка новых и использование апробированных методов, применяемых в биомеханике (метод гибкой подложки, адгезивные методы, метод растягивания и т.д.). Использование физико-химических методов (спектроскопия, масс-спектрометрия и др.) для определения молекулярной организации мембран при изменении величины и направления вектора силы тяжести.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностат и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Планируется разработать малогабаритный и простой в эксплуатации бортовой прибор, с помощью которого можно будет проводить комплекс предусмотренных программой измерения физико-химических и биомеханических параметров искусственных и биологических мембран. Данный прибор будет включен в состав бортового комплекса «Биолаборатория», разрабатываемого украинскими специалистами и предназначенного для проведения исследований по клеточной биологии на борту Российского Сегмента международной космической станции. Кроме того, предусматривается возможность изготовления прибора с программным управлением позволяющего его использование для проведения экспериментов в полете автоматических космических аппаратов типа «БИОН» и «ФОТОН». В обоих случаях предполагается включение прибора к бортовому компьютеру. Таким образом, управление прибором может осуществляться в полуавтоматическом режиме или быть полностью автономным.

7. Послеполетный анализ биоматериала будет проведен совместно, российским и украинскими специалистами, в лабораториях соответствующих научных учреждений на

образцах биоматериала, экспонированного в космическом полете в условиях микрогравитации. Основное внимание будет обращено на физико-химические характеристики (определение комплекса биологически активных веществ, ответственных за термодинамические и кинетические свойства мембраны), а также биомеханические параметры мембран (вязко-упругие свойства, прочность и т.д.).

8. Ожидаемый выход: Эксперимент «Мембрана» представляет собой составную часть общей российско — украинской программы исследований по космической биологии. Полученные в данном эксперименте результаты позволят сформулировать гипотезу о роли комплекса мембранных структур, главным образом клеточной мембраны в процессах восприятия и реализации гравитационного стимула в клетке. Экспериментально проверить какие изменения и с какой интенсивностью происходят в мембранах непосредственно в условиях космического полета.

9. Кооперация Государственный научный центр — Институт медико-биологических проблем РАН (Москва), Московский государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Институт молекулярной биологии РАН, Институт ботаники НАН Украины (Киев), Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины (Киев).

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е. А. Ильин
_____ 2002г

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«ЦИТОСКЕЛЕТ»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: зав. лабораторией ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.б.н. М.Г. Таирбеков

от Украины: зав. отделом Института ботаники НАНУ, член-корр. НАНУ ЕЛ. Кордюм

Эксперимент «Цитоскелет»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность:

Ключевой вопрос проблемы расшифровки молекулярных механизмов гравичувствительности в клетке заключается в определении роли и степени участия основных клеточных структур в процессе восприятия и реализации гравитационного стимула во внутриклеточном объеме. Данный процесс должен включать ряд последовательных этапов: получение клеткой физического сигнала из внешней среды, трансформация его во внутриклеточный континуум, преобразование сигнала в физиологический стимул и формирование ответной реакции клетки. Это предусматривает наличие в клетке гравирецептора. Структурно и функционально наиболее подходящим для этой роли в клетке являются сократительные элементы цитоскелета, выполняющие эти функции при взаимодействии с цитоплазматической мембраной.

Характерной особенностью цитоскелетных структур является их высокая динамичность. Элементы цитоскелета способны к быстрым перестройкам в ответ на слабые сигналы, поступающие извне и незначительные изменения условий внешней среды. Особую чувствительность цитоскелет проявляет к механическим воздействиям, что, очевидно, свидетельствует о тесной связи данного внутриклеточного комплекса с механорецепторами, расположенными внешней клеточной мембраной. Подобные процессы тщательно регулируются. Ведущую роль в регуляции состояния цитоскелета играет метаболизм ионов кальция в клетке. Предполагается, что динамические факторы космического полета, прежде всего, резкое снижение величины силы тяжести (микрогравитация) способны вызывать обратимые изменения в цитоскелете. Подтверждением этому служат, экспериментальные исследования, пока еще, к сожалению единичные, описывающие влияние измененной силы тяжести на молекулярную организацию и функциональную активность цитоскелетных структур.

Таким образом, имеющиеся хоть и немногочисленные данные дают основание для предположений об участии цитоскелета в процессах гравирецепции.

2. Цель эксперимента: Получение экспериментальных доказательств об участии цитоскелетных структур в восприятии и реализации гравитационного стимула в клетке.

3. Задачи эксперимента: Количественное определение основных элементов цитоскелета — сократительных структур в условиях космического полета (микрогравитации) — изучение динамики перестройки цитоскелетных структур в космическом полете сравнительные исследования образцов экспонированных в космическом полете и на земле изучение особенностей метаболизма кальция и его влияния на цитоскелет

4. Объект и методы:

Для проведения экспериментальных исследований наиболее подходящими объектами, с нашей точки зрения, являются: культура соединительно-тканых клеток *in vitro*, животных и популяция одноклеточных свободноплавающих организмов *in vivo* и растительные клетки *in situ* из корневых волосков и эпидермиса высших растений. При подготовке экспериментов и в послеполетном анализе биоматериала будут использованы современные цитологические, биохимические и биофизические методы: (морфометрия, иммуноцитохимия, электронная микроскопия, спектрофотометрия).

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностаг и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Для проведения полетного эксперимента на орбитальном комплексе МКС или беспилотном космическом аппарате типа «БИОН» может быть использован бортовой прибор типа «Viobox» изготовленный по заказу ЕКА и апробированный в полетах спутников «БИОН-11» и «ФОТОН -12». Однако российские и украинские специалисты считают целесообразным для проведения эксперимента «Цитоскелет» и последующих экспериментов по клеточной биологии разработку нового бортового прибора, представляющего собой один из основных блоков комплекса бортовой

аппаратуры «Биолаборатория» создаваемого украинскими коллегами.

7. Послеполетный анализ: Анализ послеполетных образцов биоматериала будет выполнен российскими и украинскими специалистами согласно программе исследований

8. Ожидаемые результаты: Эксперимент «Цитоскелет» является частью общей программы исследований, выполняемых совместно с украинскими коллегами, участвующими в разработке и обосновании молекулярных механизмов гравирецепции. Результаты экспериментальных исследований по эксперименту «Цитоскелет» должны послужить подтверждением участия внутриклеточных структур в процессах восприятия и реализации гравитационного импульса в клетке. Кроме того, эти данные позволят, с нашей точки зрения получить доказательства возможности прямого (непосредственного) влияния силы тяжести на клетку как биомеханическую конструкцию.

Полученные данные, помимо общебиологического значения представляет существенный интерес для практики космической биологии и медицины

9. Кооперация: Государственный научный центр — Институт медико-биологических проблем РАН (Москва), Институт физико-химической биологии МГУ им. Ломоносова, Институт ботаники НАНУ (Киев), Институт молекулярной генетики НАНУ (Киев).

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
Профессор Е. А. Ильин
_____ 2002г

ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«КЛЕТКА-ВИРУС»

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России: зав. лабораторией ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.м.н. Н. Н. Новикова

от Украины: зав. отделом Института микробиологии НАНУ, профессор Н.С. Дьяченко

Эксперимент «Клетка-Вирус»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность: Структурно-функциональные изменения, происходящие в эукариотических клетках в условиях космического полета, к настоящему времени хорошо известны. Можно ожидать, что вирусы как дополнительный фактор могут оказать дополнительное воздействие на физиологию клетки, изменить ее метаболизм, структурную организацию, адгезивные свойства, состояние цитоскелета.

Предполагаемые модельные вирусы- аденовирусы и вирус Эпштейна-Барр из семейства герпесвирусов. Оба они ДНК-геномные, интегративные вирусы, пожизненно персистирующие в организме человека с периодической активацией и развитием клинически выраженного заболевания. Оба имеют выраженные иммуносупрессивные свойства и повреждают лимфоциты. Кроме того, аденовирусы вызывают глубокие изменения инфицированных клеток в культуре *in vitro*, которые сопровождаются нарушением целостности моно слоя, округлением клеток (специфический эффект «ошаривания»), ингибированием процесса роста, митотической активности и метаболизма.

Аденовирусная инфекция клеток, культивируемых *in vitro* — удобная модель для различных исследований, в том числе и изучения влияния факторов космического полета, на морфологические характеристики, метаболизм и физиологию эукариотической клетки, т.к. в этой системе можно относительно легко и четко вычленив вирусоспецифические процессы. В частности, в условиях космического полета можно ожидать изменения способности клеток репродуцировать вирусы.

2. Цель эксперимента: Выяснение особенностей взаимоотношений клетка — вирус в условиях микрогравитации. Оценка интенсивности экспрессии вирусного генома как удобной и демонстративной модели для изучения синтеза белков и их транспорта в клетке, взаимодействия с мембранами и иммунорезистентности эукариотической клетки.

3. Задачи эксперимента:

- изучение особенностей экспрессии генома аденовирусов в эукариотической клетке
- изучение влияния вирусной инфекции на адгезивные свойства, состояние цитоскелета и некоторые морфологические характеристики клеток в условиях микрогравитации.

4. Объект и методы исследования: культура эпителиальных клеток (типа HeLa), фибробластов или лимфобластоидных клеток *in vitro*, инфицированных аденовирусом, растущих в монослое на твердом субстрате в условиях микрогравитации.

Иммуногистохимия, морфометрия, световая и сканирующая электронная микроскопия.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностат и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Для изучения влияния факторов космического полета, прежде всего микрогравитации, на взаимоотношения системы клетка — вирус будет сконструирован специальный бортовой прибор с аналогичным названием. Этот прибор с описанием его параметров и конструктивных особенностей включен в состав бортового комплекса «Биолаборатория», который создается украинской стороной. Предполагается, что прибор будет функционировать в автоматическом режиме. Кроме того, предусматривается одновременное (параллельное с полетным экспериментом) проведение наземного контрольного эксперимента и эксперимента в условиях гипергравитации с использованием центрифуги.

7. Послеполетный анализ биоматериала: предполагает, прежде всего, исследование особенности экспрессии генома аденовирусов в культивируемых *in vitro* эпителиальных клетках и фибробластах, после их экспозиции на борту космического аппарата. Кроме того, планируется исследование влияния вирусной инфекции на адгезивные свойства клеток, морфологические характеристики клеток (форма, размеры) и функциональную активность, способность образовывать колонии, скорость передвижения по субстрату. В случае использования лимфоидных клеток В-фенотипа после воздействия на них факторов

космического полета могут быть изучены особенности продукции ими вируса Эпштейна-Барр, особенности двойного инфицирования этим вирусом и аденовирусами, а также проанализированы некоторые функциональные показатели эукариотических клеток

8. Ожидаемые результаты: Анализ полученных данных имеет фундаментальное значение для понимания механизмов воздействия факторов космического полета на взаимоотношения системы клетка-вирус. Вместе с тем результаты этих исследований, представляют большой интерес для практики космической медицины, а именно влияние вирусной инфекции на организм человека, находящегося в своеобразной экологической нише во время длительного космического полета.

9. Кооперация: ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН (Москва), Институт вирусологии РАМН (Москва), Институт молекулярной генетики РАН (Москва), Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины (Киев), Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины (Киев).

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель секции Совета по космическим исследованиям НАНУ «Космическая биология, биотехнология и медицина» Член-корр. НАНУ Кордюм Е.Л.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора ГНЦ РФ —
Институт медико-биологических проблем
РАН Профессор Е. А. Ильин

24.07.2002

**ПРОЕКТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ
НА РОССИЙСКО-УКРАИНСКИЙ
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
«КЛЕТКА-ВИРУС»**

Научные руководители и ответственные исполнители:

от России:

зав. лабораторией ГНЦ РФ — ИМБП РАН, д.м.н. Н. Н. Новикова

от Украины:

зав. отделом Института микробиологии и вирусологии НАНУ, член-корр.

НАНУ, профессор Н.С. Дяченко

Эксперимент «Клетка-Вирус»

1. Состояние вопроса, обоснование, актуальность: Структурно-функциональные изменения, происходящие в эукариотических клетках в условиях космического полета, к настоящему времени хорошо известны. Можно ожидать, что вирусы как дополнительный фактор могут оказать дополнительное воздействие на физиологию клетки, изменить ее метаболизм, структурную организацию, адгезивные свойства, состояние цитоскелета.

Предполагаемые модельные вирусы- аденовирусы и вирус Эпштейна-Барр из семейства герпесвирусов. Оба они ДНК-геномные, интегрированные вирусы, пожизненно персистирующие в организме человека с периодической активацией и развитием клинически выраженного заболевания. Оба имеют выраженные иммуносупрессивные свойства и повреждают лимфоциты. Кроме того, аденовирусы вызывают глубокие изменения инфицированных клеток в культуре *in vitro*, которые сопровождаются нарушением целостности монослоя, округлением клеток (специфический эффект «ошаривания»), ингибированием процесса роста, митотической активности и метаболизма.

Аденовирусная инфекция клеток, культивируемых *in vitro* — удобная модель для различных исследований, в том числе и изучения влияния факторов космического полета, на морфологические характеристики, метаболизм и физиологию эукариотической клетки, т.к. в этой системе можно относительно легко и четко вычленить вирусоспецифические процессы. В частности, в условиях космического полета можно ожидать изменения способности клеток репродуцировать вирусы.

2. Цель эксперимента: Выяснение особенностей взаимоотношений клетка — вирус в условиях микрогравитации. Оценка интенсивности экспрессии вирусного генома как удобной и демонстративной модели для изучения синтеза белков и их транспорта в клетке, взаимодействия с мембранами и иммунорезистентности эукариотической клетки.

3. Задачи эксперимента:

- изучение особенностей экспрессии генома аденовирусов в эукариотической клетке
- изучение влияния вирусной инфекции на адгезивные свойства, состояние цитоскелета и некоторые морфологические характеристики клеток в условиях микрогравитации.

4. Объект и методы исследования: культура эпителиальных клеток (типа HeLa), фибробластов или лимфобластоидных клеток *in vitro*, инфицированных аденовирусом, растущих в монослое на твердом субстрате в условиях микрогравитации.

Иммуногистохимия, морфометрия, световая и сканирующая электронная микроскопия.

5. Средства для проведения экспериментальных исследований: Пилотируемые космические корабли, автоматические космические летательные аппараты «БИОН», «ФОТОН», наземный лабораторный комплекс, включающий клиностаг и центрифугу.

6. Бортовая исследовательская аппаратура: Для изучения влияния факторов космического полета, прежде всего микрогравитации, на взаимоотношения системы клетка — вирус будет сконструирован специальный бортовой прибор с аналогичным названием. Этот прибор с описанием его параметров и конструктивных особенностей включен в состав бортового комплекса «Биолаборатория», который создается украинской стороной. Предполагается, что прибор будет функционировать в автоматическом режиме. Кроме того, предусматривается одновременное (параллельное с полетным экспериментом) проведение наземного контрольного эксперимента и эксперимента в условиях гипергравитации с использованием центрифуги.

7. Послеполетный анализ биоматериала: предполагает, прежде всего, исследование особенности экспрессии генома аденовирусов в культивируемых *in vitro* эпителиальных клетках и фибробластах, после их экспозиции на борту космического аппарата. Кроме того, планируется исследование влияния вирусной инфекции на адгезивные свойства клеток, морфологические характеристики клеток (форма, размеры) и функциональную активность, способность образовывать колонии, скорость передвижения по субстрату. В случае использования лимфоидных клеток В-фенотипа после воздействия на них факторов

космического полета могут быть изучены особенности продукции ими вируса Эпштейна-Барр, особенности двойного инфицирования этим вирусом и аденовирусами, а также проанализированы некоторые функциональные показатели эукариотических клеток.

8. Ожидаемые результаты: Анализ полученных данных имеет фундаментальное значение для понимания механизмов воздействия факторов космического полета на взаимоотношения системы клетка-вирус. Вместе с тем результаты этих исследований, представляют большой интерес для практики космической медицины, а именно влияние вирусной инфекции на организм человека, находящегося в своеобразной экологической нише во время длительного космического полета.

9. Кооперация: ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН (Москва), Институт вирусологии РАМН (Москва), Институт молекулярной генетики РАН (Москва), Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины (Киев), Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины (Киев).

Предложения к протоколу

Космические исследования растительных организмов

1. Российская и украинская стороны обсудили перспективу совместных исследований с растительными организмами на борту Российского сегмента Международной Космической Станции.

2. Российская сторона ознакомила украинскую сторону с результатами космических исследований на борту ОК «Мир» и программой собственных исследований на борту РС МКС и продемонстрировала тренажерный образец космической оранжерейной установки «ЛАДА», предполагаемой к установке на борту модуля «Звезда» РС МКС.

3. Украинская сторона ознакомила российскую сторону с состоянием дел по подготовке национальной космической программы в области космических исследований растительных организмов.

4. Украинская сторона готова провести модельные эксперименты по подготовке космических биологических экспериментов на растениях, которые планируются для выращивания в качестве объектов в оранжерейном устройстве "Лада":

- ♦ формирование ростовых зон корня и его гравирецепторного аппарата (Институт ботаники (ИБ) НАН Украины);

- ♦ формирование и ультраструктура фотосинтетического аппарата листовых культур в условиях микрогравитации (ИБ и Институт физиологии растений и генетики);

- ♦ вирусологический контроль семян нескольких видов пшеницы, переданных российской стороной (Киевский национальный университет - КНУ)

- ♦ цитологический и иммунологический анализ устойчивости указанных сортов пшеницы к наиболее распространенному вирусу полосатой мозаики (ИБ; КНУ)

- ♦ распределение ассимилятов по органам растений пшеницы, включая генеративные (ИБ и Национальный ботанический сад - НБС);

- ♦ гистохимический анализ семян пшеницы, полученных в космическом эксперименте, в процессе их прорастания (ИБ, КНУ);

- ♦ отработка методики анализа структурной организации и дифференциальной активности генома высших растений (ИБ НАНУ);

- ♦ исследование кинетики передвижения растворов в различных заменителях почвы с различными агрофизическими показателями (НБС);

5. Стороны согласились с тем, что для проведения исследований в области эмбриологии и метаболизма растительных организмов в условиях микрогравитации необходимо создание дополнительного специального оборудования с целью проведения химической и низкотемпературной фиксации растительных объектов на борту МКС.

6. Украинская сторона готова рассмотреть вопрос о создании оборудования для проведения химической и низкотемпературной фиксации растительных объектов на борту МКС с целью получения биологического материала, пригодного для проведения эмбриологических, химических и биохимических исследований.

7. Стороны согласились с необходимостью проведения работ по выбору растительных объектов, пригодных для изучения влияния условий космического полета на различные аспекты жизнедеятельности растительных организмов.

8. Российская сторона передала украинской стороне отски статей, в которых опубликованы результаты исследований, проведенных на борту орбитального комплекса «Мир», а также семена растений пшеницы Апогей, Перигей, Афелион и карликового сорта томатов.

9. Стороны согласились с тем, что они продолжают обсуждение программы совместных исследований на борту РС МКС.

ПРОБЛЕМА КОСТНОЙ ТКАНИ

Анализ результатов более чем 15-летних исследований изменений костной ткани у космонавтов и клинических наблюдений (первичный, вторичный остеопороз, другие метаболические остеопении более 400 случаев) позволил сформулировать следующие рабочие гипотезы о феномене потери костной массы в условиях микрогравитации:

1. Локальные остеопении в трабекулярных структурах костей нижней половины скелета вызвана уменьшением механической стимуляции и, по всей вероятности, обусловлена торможением остеогенеза на ранней стадии дифференцировки остеобластов - основных клеточных элементов, ответственных за формирование органической основы костной ткани (биомеханическая гипотеза).

2. Остеопении при дефиците механической стимуляции (микрогравитация, гипокinezия) усугубляется различной степени изменением метаболической функции скелета, что наряду с торможением остеогенеза может провоцировать мобилизацию Са из костной ткани (резорбцию) и другие изменения костного метаболизма и механизмов доставки Са в кости (метаболическая гипотеза).

3. Высокая скорость развития остеопении может сопровождаться изменениями (ухудшением) «качества» кости, (микроархитектоники), что существенным образом повышает риск перелома.

4. Риск развития остеопении у космонавтов и, следовательно, риск возникновения переломов костей, в значительной степени связаны с наследственными факторами (генетически обусловленный пик костной массы, фенотип костного метаболизма и др.).

5. В целом реакция костной ткани на дефицит гравитационной (в более общем виде, механической) нагрузки рассматривается как частный случай адаптивного ремоделирования. Оно реализуется на тканевом уровне, при преимущественном участии локальных факторов (пептидов), регулирующих дифференцировку из прогениторных клеток остеобластов и остеокластов. Вовлечение в процесс метаболической функции скелета предполагает участие в реакции системных регуляторов.

6. Исследование деталей адаптивного ремоделирования в указанных условиях позволяет подойти к пониманию механизмов механочувствительности костных клеток - проблемы, имеющей существенное значение для фундаментальной биологии и клинической медицины.

Проверка некоторых из обозначенных гипотез предполагает наряду с клинико-физиологическими исследованиями в космических полетах и в клинике (которые здесь не рассматриваются), совместные исследования в условиях реальной и моделированной микрогравитации и экспериментального остеопороза с использованием животных (*ex vivo*) и биологических объектов культуры костных тканей и клеток (*in vitro*).

1. Клеточные механизмы развития остеопении в условиях дефицита механической нагрузки.

1.1. Особенности дифференцировки, метаболизма и специфического функционирования остеогенных клеток *ex vivo* и в культуре *in vitro*.

1.2. Клеточно-генетические характеристики (пролиферативная активность, митотический индекс, адгезивные свойства) остеогенных клеток предшественников в культуре *in vitro* как возможных прогностических признаков риска и скорости развития остеопении.

1.3. Состояние сосудисто-клеточного комплекса в зонах остеогенеза и взаимодействие остеогенных и кроветворных клеток *ex vivo*.

1.4. Продукция и активность локальных (ростовых) факторов костного метаболизма и цитокинов и чувствительность к ним остеогенных клеток - предшественников на разных стадиях дифференцировки *in vitro*.

2. Роль изменений "качества" кости в развитии риска перелома костей (в т.ч. на почве остеопороза).

2.1. Изменения микроархитектоники костной ткани *ex vivo*.

2.2. Биофизические (электронный парамагнитный резонанс), морфологические (ультраструктура) и метаболические корреляты прочностных свойств костной ткани (ex vivo).

2.3. Изменения физико-химических свойств матрикса и минеральной компоненты костной ткани (ex vivo и в культуре ткани).

2.4. Характеристика связи "коллаген-кристалл" (ex vivo и в культуре ткани).

3. Механизмы влияния внешнего механического поля на механочувствительные системы кости и клетки, ответственные за гистогенез опорных структур.

3.1. Идентификация элементов системы трансформации механического стимула в метаболический сигнал (клетки, цитоскелет, надклеточные структуры (культура клеток in vitro)).

3.2. Изменения клеточного взаимодействия (остеоцит - остеобласт) как потенциальной механосенсорной системы.

В современной науке можно выделить две наиболее значимые, с нашей точки зрения, две взаимосвязанные тенденции:

– углубленное исследование механизмов изменения реактивности макроорганизма на клеточном и молекулярном уровнях

– развитие и усложнение методической базы

– усиление кооперации специалистов разных областей науки, занимающихся исследованиями на одном уровне организации живых систем (клеточном, молекулярном) и имеющих сходную методическую базу

С одной стороны это связано с техническим и методическим прогрессом, требующим более высокой квалификации специалистов именно в методическом плане, с другой - с пониманием необходимости более глубинного изучения физиологических и патологических процессов для их коррекции, а также появлением возможности воздействия на молекулярном и клеточном уровнях методами генной инженерии, клонирования и т.д. Поскольку все процессы человеческого, животного или растительного организма осуществляются клетками и на клеточном уровне, приводящим в дальнейшем к реакциям на уровне ткани, органа организма и популяции, очевидно, что именно исследования на клеточном уровне должны лежать в основе комплексных работ, посвященных изучению резистентности организма человека и животных в экстремальных условиях. При этом необходимо учитывать, что сама клетка является довольно сложной структурой, воздействие на которую в условиях макроорганизма, может осуществляться:

– со стороны регуляторных органов

– вследствие изменения метаболизма макроорганизма

– непосредственно физическими и химическими факторами

– при комбинации вышеперечисленных факторов

В результате этих воздействий могут изменяться:

– межклеточные контакты

– распознавание сигнала

– передача сигнала внутри клетки

– уровень метаболизма клетки

– ответная реакция

Поскольку любая реакция организма на раздражитель требует кооперации различных клеток, для которых справедливо все сказанное выше, то становится очевидным необходимость усиления исследований именно на клеточном и тканевом уровнях, которые позволяют:

Теоретическое и практическое значение работы.

Предложена и подтверждена гипотеза, объясняющая механизмы изменения иммунологической реактивности и развития сенсibilизации, возникающих при воздействии экстремальных факторов внешней Среды. На основе этой гипотезы

сформулированы практические рекомендации, позволившие обосновать и успешно апробировать в эксперименте с имитацией физиологических эффектов невесомости в ходе длительной антиортостатической гипокинезии применение профилактических средств.

Наиболее существенные результаты.

Автором достоверно показано, что воздействие факторов космического полета, имитация физиологических эффектов невесомости в ходе длительной антиортостатической гипокинезии, продолжительное пребывание людей в герметически изолированных помещениях при нормальном и повышенном давлении газовой среды способствует развитию сенсibilизации к бактериальным и химическим аллергенам. Формирование сенсibilизации у лиц, подвергающихся воздействию экстремальных факторов окружающей среды, зависит от интенсивности и продолжительности антигенного воздействия, опыта предыдущей работы в аналогичных условиях или предшествующий контакт с аллергеном. Наряду с факторами среды обитания в формировании сенсibilизации к бактериальным и химическим аллергенам существенное значение имеют наследственные, или генотипические, факторы. Алиментарные корригирующие средства (пищевые корригирующие добавки, ПКД) могут быть использованы как составные части комплекса профилактических мероприятий, направленных на снижение сенсibilизации людей, подвергающихся воздействию экстремальных факторов среды обитания.

– вычленить чистое воздействие изучаемого фактора без регуляторного влияния со стороны организма

– углубить понимание механизмов адаптации и дисадаптации макроорганизма при проведении комплексных исследований с участием человека и лабораторных животных

– модифицировать эффекторную реакцию клеток и тканей

Вследствие этого можно:

– проводить коррекцию состояния человека в экстремальных условиях на клеточном и тканевом уровнях

– использовать культуры животных и растительных тканей как сенсоры и маркеры при воздействии экологически неблагоприятных и экстремальных факторов среды обитания

– получать продукцию животных и растительных клеточных культур для защиты человека в экстремальных условиях (пример - интерфероны, вакцины, адаптогены и т.д.)

– получать продукцию клеточных культур для оптимизации жизни человека в обычных условиях

– совершенствовать биотехнологические процессы с использованием накопленной информации о различных воздействиях на клетку (физических, химических, в том числе при имитации условий микрогравитации и реального космического полета)

Решение вопросов, связанных с защитой человека от экстремальных факторов внешней среды тесно связано с вопросами биотехнологии, что объясняется наличием общей или сходной методической базы при работе с культурами животных и растительных клеток. Проводимые ранее в ИМБП исследования также сочетали вопросы биотехнологии и клеточной биологии. Так, например, в 1980-81 годах на борту орбитальной станции был проведен совместный советско-венгерский эксперимент, осуществленный сотрудниками ИМБП И.В.Константиновой и М.П.Рыковой, а также венгерским специалистом Маргаритой Талаш. В результате этого эксперимента, при использовании одной методической базы, на выделенной культуре иммунокомпетентных клеток было изучено влияние факторов космического полета на ряд показателей иммунологической резистентности космонавтов, а также впервые в мире показана возможность проведения биотехнологических процессов в условиях микрогравитации, поскольку полученный в культуре стимулированных клеток интерферон традиционно считается биотехнологическим продуктом. Исследования, связанные с вопросами клеточной биологии и биотехнологии регулярно проводились также и в других подразделениях Института.

1. КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

Использование МКС для проведения биологических, биотехнологических и медицинских экспериментов создает необходимую экспериментальную базу для получения принципиально новых фундаментальных знаний относительно роли факторов гравитации и магнитного поля в биологии. Длительное функционирование МКС обеспечит в будущем переход от отдельных экспериментов к созданию специализированных биотехнологических установок для производства биопрепаратов и биоматериалов в космическом полете.

Разработка программы экспериментов в области космической биологии и медицины базируется на следующих приоритетных направлениях:

Фундаментальные направления:

- Биология клетки в условиях микрогравитации; выяснение клеточных и молекулярных механизмов гравиточувствительности живых систем.
- Исследования роли ионов кальция в биологических эффектах в условиях микрогравитации; выявление клеточных процессов, которые являются гравитационно- и кальций-зависимыми.
- Биология развития в условиях микрогравитации; создание концепций роста, развития и репродукции растительных и животных организмов. Изучение темпов и особенностей процесса старения в условиях микрогравитации.
- Исследования взаимоотношений патогенных, ассоциативных, симбиотических и эукариотических организмов в условиях микрогравитации; оценка патогенности бактерий и вирусов в этих условиях.

Прикладные направления:

- Разработка космических клеточных биотехнологий в условиях микрогравитации с целью получения биологически активных веществ и гомогенных клеточных популяций.
- Создание способов космического растениеводства и утилизации отходов для использования в системах жизнеобеспечения космонавтов при длительных космических полетах.
- Оценка состояния организмов в условиях космического полета и проведение экологического и радиобиологического мониторинга биосферы.

В Программе значительное внимание уделяется экспериментальной проверке данных о генеративном развитии высших растений в космическом полете. В настоящее время остается открытым вопрос о возможности получения второго и последующих поколений растений в условиях микрогравитации. Поэтому предусматривается разработка и создание космической оранжереи нового поколения для выращивания высших растений.

Экспериментальные данные о патогенных грибах и живых организмах в условиях микрогравитации диктуют необходимость выяснения механизмов их сосуществования для прогноза санитарно-гигиенической обстановки в кабине космических летательных аппаратов. Предусматриваются эксперименты по изучению влияния условий космического полета на аденовирусы, вирусы растений, патогенные бактерии и грибы, индукцию фагов в бактериальных болезнях растений и развитие патогенного процесса.

В настоящее время высокоградиентное магнитное поле является единственным неинвазивным средством, позволяющим влиять на состояние растительных клеток, не меняя положения растений в гравитационном поле. Поэтому проведение космических экспериментов по воздействию высокоградиентного магнитного поля в отсутствие гравитации позволит изучить особенности поведения растений в этих условиях.

Космическая биотехнология является одним из перспективных направлений космической технологии, использующим методы электрофореза для разделения клеток и биополимеров. В этой области уже достигнуты заметные результаты, продемонстрировавшие возможность более эффективного разделения клеток и биологически активных веществ в космических условиях. Однако быстрых практических выгод в космической биотехнологии можно ожидать лишь от белковых кристаллов, полученных на орбите.

Для космических биотехнологических экспериментов целесообразно создание бортового культиватора нового типа и технологий для выращивания штаммов микроорганизмов, в том числе и генно-инженерных: интерферон, интерлейкин, антибиотики, ферменты и гормоны. Перспективными могут быть и другие биотехнологические разработки, направленные на получение биологически активных веществ и основанные на использовании культур органов растений, животных и растительных клеток, а также на усовершенствование методов электрофореза в условиях микрогравитации.

В плане создания контролируемых экологических систем жизнеобеспечения космонавтов представляют интерес:

1. Разработка методов культивирования цианобактерии спирулина как источника физиологически активных веществ.
2. Подбор и испытание органических и минеральных материалов с различными биологически активными добавками в качестве субстрата для выращивания растений в космическом полете.
3. Использование олигохет (калифорнийский червь) для утилизации пищевых отходов. Перспективным представляется использование дафний в качестве биотеста для контроля воды и воздуха в кабине космических летательных аппаратов.

Проведение экспериментов по происхождению пептидных и белковых молекул предусматривает установление основных путей преобразований протеиногенных аминокислот в условиях космоса. Планируются исследования возможных способов образования пептидных связей, характерных для открытого космоса, с дальнейшей проверкой установленных закономерностей в земных условиях.

Эксперименты в открытом космическом пространстве позволяют исследовать защитные свойства организмов вне озонового слоя. Новую эру в изучении устойчивости живых организмов к прямому воздействию солнечного и космического излучения может открыть использование в таких экспериментах лишайников - уникальных живых организмов-систем, образованных грибами и водорослями. Некоторые их виды могут выдерживать сильное солнечное облучение, нагревание и холод. В предлагаемых экспериментах с лишайниками планируется изучить степень устойчивости и выживаемости грибных организмов в условиях открытого космоса.

Известно, что земная форма жизни может существовать в условиях отсутствия силы тяжести достаточно продолжительное время. При этом большинство физиологических отклонений после недель и даже месяцев пребывания в космосе приходят в норму после возвращения на Землю. В этой связи международная космическая станция будет уникальным средством для исследования смены поколений в условиях космоса. Появится также возможность наблюдать жизнь животных в течение полного цикла - от зарождения до появления следующего поколения. Предстоит познать детали сложного механизма, с помощью которого животные воспринимают и используют гравитацию. В результате этих исследований углубится понимание роли гравитации в развитии живого мира на Земле.

Наиболее важными в проблеме длительных космических полетов являются следующие направления:

- 1) Разработка телеметрических методов оценивания функционального состояния организма и его адаптивных возможностей при космических полетах.
- 2) Изучение особенности развития регуляторных отклонений и патологических состояний.
- 3) Исследование особенностей действия фармакологических средств в условиях космических полетов.
- 4) Разработка средств профилактики и лечения патологических нарушений, связанных с длительным пребыванием в космическом полете.
- 5) Исследования, позволяющие оценить биологический возраст и состояние здоровья участников космических экспедиций. Особое внимание уделяется изучению влияния микро- и гипергравитации, гиподинамии на состояние крови у космонавтов, образование тромбов, развитие патологических процессов, приводящих к ускоренному старению

космонавтов.

б) Психофизиологический мониторинг работоспособности космонавтов.

Научная программа биологических и медицинских экспериментов

1. Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях:

- Влияние микрогравитации на метаболизм кальция и цитоскелет в растительных клетках различного типа («**Кальций - Цитоскелет**»).

- Физико-химические свойства биологических и искусственных мембран в условиях микрогравитации («**Мембраны**»).

- Функционирование вторичных мессенджеров (аденилатциклаза, Са²⁺-кальмодулин, фосфоинозитидная система) в условиях микрогравитации («**Мессенджеры**»).

- Влияние микрогравитации на процесс фотосинтеза (биосинтез хлорофилла, функционирование первичного процесса фотосинтеза и его эндогенная регуляция, кислород-выделяющий комплекс («**Фотосинтез**»).

- Роль этилена и абсцизовой кислоты в биологических эффектах микрогравитации («**Этилен**»).

- Влияние микрогравитации на кинетику и трофику растительных меристем («**Меристема**»).

- Структурно-метаболические аспекты углеводного обмена в условиях микрогравитации («**Крахмал**»).

- Влияние микрогравитации на структурно-функциональную организацию цианобактерий и одноклеточных зеленых водорослей («**Полиморфизм**»).

- Влияние микрогравитации на опухолообразование у растений с использованием модели индукции корончатых галлов при помощи *Agrobacter* («**Опухоли растений**»).

- Генная экспрессия у растений в условиях микрогравитации («**Экспрессия**»).

- Роль молекулярных шаперонов в адаптации клеток растений к микрогравитации («**Шапероны**»).

- Интенсивность перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы растений в условиях микрогравитации («**Полак**»).

- Влияние факторов космического полета на фрагментацию ДНК в клетках растений («**Фрагментация**»).

- Влияние микрогравитации на процесс передачи нервного импульса («**Импульс**»).

- Изучение влияния микрогравитации на рост, структуру и функции нервных, эндокринных и трансформированных клеток («**НЭТКЛЕТКИ**»).

- Иммунный ответ в условиях микрогравитации («**Иммунитет**»).

- Влияние микрогравитации на остеогенез («**Остеогенез**»).

- Регенерация дермоскелета рыб в условиях микрогравитации («**Регенерация**»).

2. Биология развития в условиях микрогравитации

- Исследования влияния микрогравитации на вегетативную и генеративную фазы онтогенеза и семенное размножение растений («**Семя**»).

- Рост и морфогенез протонемы мхов в условиях микрогравитации («**Протонема**»).

- Исследование влияния факторов космического полета (гипергравитация, микрогравитация, ионизирующая радиация) на состояние окислительно-антиоксидантного гомеостаза крыс («**Гомеостаз**»).

3. Взаимодействие эукариотических (растения, животные, человек), прокариотических (патогенных, симбиотических, ассоциативных) организмов и вирусов в условиях микрогравитации; оценка изменений микрофлоры и ее патогенных свойств в кабине космических летательных аппаратов

- Исследование влияния факторов космического полета на ДНК и РНК-геномные вирусы и системы «Вирус-клетка» («**Вирус**»).

- Вирусоустойчивость пшеницы в условиях микрогравитации («**Устойчивость**»).

- Вирусы фитопатогенных бактерий (бактериофаги) в условиях микрогравитации (**«Бактериофаг»**).
- Агрессивность патогенных бактерий и грибов в условиях микрогравитации (**«Патоген»**).
- Влияние микрогравитации на индукцию провируса в лизогенной культуре цианобактерий (**«Индукция»**).
- Молекулярно-генетические процессы у бактерий микробиоценоза в условиях микрогравитации (**«Гентранс»**).

4. Возможности использования магнитного поля для изучения растений

Возможности использования магнитного поля для изучения гравиреценторного аппарата растений и компенсации отсутствия гравитационного вектора («Магнет»).

5. Разработка космических клеточных биотехнологий, методов космического растениеводства, утилизации отходов и мониторинга окружающей среды

- Электрофоретическое фракционирование микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ в условиях микрогравитации (**«Продуцент»**).
- Дафния как биотест на общую токсичность и мутагенность объектов окружающей среды на космических станциях (**«Дафния»**).
- Искусственные субстраты для выращивания растений в оранжереях в космическом полете (**«Субстрат»**).
- Изучение влияния микрогравитации на физиологическое состояние и воспроизводительную способность олигохет (**«Утилизация»**).
- Использование тонкопленочных сенсоров в космических биологических экспериментах (**«Сенсор»**).
- Создание биоспецифических углеродных сорбентов и их использование в медицине и биотехнологии в условиях космического полета (**«Биосорбент»**).

6. Пребиотический синтез в открытом космосе и экзобиология

- Моделирование химического поведения биомолекул, возникающих в космической пыли, и образование пептидов в адсорбированном состоянии для проведения в дальнейшем экспериментов в открытом космосе (**«Биомолекулы»**).
- Защитные свойства грибных (лишайниковых) структур вне озонового слоя (**«Лишайник»**).

7. Продолжительность жизни и старение в условиях микрогравитации, космическая медицина

- Дифференциальная оценка факторов космического полета, гипогравитации и гравитационных полей Луны и планет Солнечной системы на продолжительность жизни и старение (**«Старение»**).
- Изменение свойств биоминералов организма человека в космических полетах и разработка способов уменьшения этих изменений (**«Биоминералы»**).
- Исследования влияния микрогравитации на скелет и протекторные действия подобранных газовых смесей на остеопороз (**«Остеопротекция»**).
- Изучение воздействия ионизирующего излучения и других факторов космического полета на организм человека с использованием телемедицинских технологий и компьютерных диагностических систем (**«Теледиагностика»**).
- Исследование влияния факторов космического полета на процессы образования и разрушения тромбов в крови человека (**«Тромбоциты»**).
- Влияние условий космического полета на микроциркуляцию и реологические свойства крови у человека (**«Микроциркуляция»**).
- Оценка окислительного и иммунного гомеостаза у лиц, которые подвергаются воздействию повреждающих факторов космического пространства; профилактика и коррекция патологических изменений (**«Гомеостаз»**).
- Психофизиологический мониторинг космонавтов (**«Комфорт»**).
- Нейропротектор (**«Нейропротектор»**).

Разрабатываемые приборы и планируемые эксперименты

Программы базируются на:

1. создании нового поколения космического оборудования, работающего преимущественно в автоматическом режиме («Оранжерея», «Клетка-Вирус», «Флуориметр», «Биолаборатория», «Микроцентрифуга-1», дающая 1 g в полете, и др.);
2. возможностях использования оборудования, имеющегося в распоряжении НАСА, Европейского космического агентства и Российского космического агентства («Зоомодуль», «Аквариум», «Биорек», «Биобокс», «Биопан» и др.) при проведении соответствующих совместных экспериментов;
3. применении универсальных устройств для химической фиксации объектов, их охлаждения и замораживания, хранения в течение необходимого времени перед спуском;
4. использовании современных возможностей фото-, кино- и видеоаппаратуры для съемки объектов, в том числе цейтраферной;
5. проведении предварительных наземных экспериментов в стандартных условиях выращивания исследуемых объектов с использованием клиностатов (позволяющих частично воспроизводить биологические эффекты микрогравитации) и космического оборудования (для отработки всех деталей протоколов космических экспериментов), отработки методов анализов экспериментального материала и его исследований;
6. составлении оперативных программ каждой экспедиции (за 6 месяцев до ее осуществления), которые координируют действия участников экспериментов в получении и обработке экспериментальных материалов для космических экспериментов, особенно дорогостоящих;
7. широком международном сотрудничестве в подготовке и проведении наземных и космических экспериментов, в частности, с Россией, США, Германией, Францией, Великобританией и Японией.

1. Комплекс экспериментов «Оранжерея»

В рамках раздела программы «Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Кальций - Цитоскелет» - Влияние микрогравитации на метаболизм кальция и цитоскелет в растительных клетках различного типа. **Организация:** Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины. Руководитель: д.б.н. Е. Л. Кордюм. **Цель и процедура эксперимента;**

- в наземных условиях, а также в условиях измененной гравитации исследовать гравичувствительность корней высших растений, определить роли элементов цитоскелета и ионов кальция в гистогенезе корней высших растений;
- исследовать топографию элементов цитоскелета и метаболизм ионов кальция в корневых волосках и клетках эпидермиса *Beta vulgaris* и *Arabidopsis thaliana*.

Объект – корни высших растений, корневые волоски и клетки эпидермиса. Предусматривается:

- изучение кальциевого метаболизма корневых волосков;
- изучение динамики цитоскелета в процессе формирования корневых волосков;
- изучение влияния ионов кальция на цитоскелет корневых волосков.

Методы исследования: электронная и световая микроскопия, иммуноцитохимия, гистохимия.

Полученные результаты будут существенным вкладом в решение вопроса влияния измененной гравитации на высшие растения и создания контролируемых экосистем.

- **Эксперимент «Мембраны-1»** - Физико-химические свойства биологических и искусственных мембран в условиях микрогравитации («Мембраны»). **Организация:** Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. О.В. Пржонская.

Цель и процедура эксперимента:

- разработка простого и эффективного метода измерения микровязкости модельных и природных биомембран;
- создание высокоэффективных молекулярных зондов, встраивающихся в мембраны;
- разработка малогабаритного и простого в эксплуатации бортового прибора, с помощью которого станет возможным проведение комплекса измерений в условиях реального полета и реального даменения силы тяжести.

Объект - модельные и природные мембраны.

Предполагается установка кювет с исследуемым объектом в кассетный блок, включение прибора, установка исследуемого объекта в тестируемое положение, нажатие кнопки «Измерение» панели прибора, считывание величины микровязкости и повторение указанных операций для других исследуемых объектов. Предполагается подключение прибора к бортовой ЭВМ.

Эксперимент «Мембраны-2» - Изучение влияния микрогравитации на физико-химические свойства биологических мембран с использованием модельных систем.

Организация: Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Т.А.Борисова.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на функциональные способности биологических мембран с использованием модельных систем по взаимодействию рибосом и эукариотических белков с липосомами;
- определение ограниченного набора взаимодействующих между собой факторов, доступных для количественного изучения путем сравнения с результатами синхронного наземного эксперимента.

Объект - модельные и природные мембраны.

Предполагается изучение:

- влияния микрогравитации на функциональные способности биологических мембран-липосом.
- влияния микрогравитации на функциональные способности биологических природных мембран.
- встраивания мелитина в искусственные фосфолипидные везикулы-липосомы,

Эксперимент «Микровязкость».

Организация: Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Ю.А.Полулях.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование глубоких структурно-функциональных изменений в мембранах растительных клеток на молекулярном уровне, происходящих непосредственно в условиях космического полета под влиянием изменения силы тяжести.

Объект - растительные клетки, модельные мембраны. Предполагается:

- исследование глубоких структурно-функциональных изменений в мембранах растительных клеток на молекулярном уровне;
- Изучение микровязкости и кинетики изменений в мембранах.

Эксперимент «Мессенджеры-1» - Исследование функционирования аденилциклазной системы в условиях микрогравитации.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины

Руководитель: д.б.н. В.К.Яворская.

Цель и процедура эксперимента:

- проверка гипотезы, подтверждающей, что цАМФ является элементом сигнал-проводящей системы растительного организма, включающей также систему Ca^{2+} -гомеостаза;
- выяснение молекулярных механизмов трансдукции гравитационного стимула в растительной клетке в космосе, а также в условиях симулируемой микрогравитации (на

горизонтальном клиноstate).

Участие космонавта заключается в фиксации растительного материала жидким азотом после окончания эксперимента. Для получения информации необходимо проведение 4-5 сеансов космического эксперимента.

Объект – 7-8 дневные проростки ржи.

Предполагается изучение:

- молекулярных механизмов трансдукции гравитационного стимула в растительной клетке;
- уровня цАМФ (вторичного посредника);
- свойства ФДЭ при действии аллостерических регуляторов;
- механизмов взаимодействия двух систем вторичных посредников.

Эксперимент «Мессенджеры-2» - Исследование действия гравитации и невесомости на метаболизм полифосфатидилинозитолов как вторичных мессенджеров в связи с их ролью в передаче сигнала в процессе адаптации метаболизма растений к условиям невесомости.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины. **Руководитель:** к.б.н. В.С.Кравец.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение процессов, происходящих в клетках растений при изменении гравитации;
- изучение комплексного влияния на растения стрессовых факторов, действующих на борту орбитальной станции (изменение гравитации, в том числе перегрузка или невесомость и т.д.);
- определение физиологических, метаболических, молекулярно-биологических и структурных изменений в растениях, выращиваемых в условиях космического полета;
- изучение природы первичных реакций метаболизма клеток на микрогравитацию;
- выяснение возможности управления процессами адаптации клеток к условиям невесомости.

Объект - корни высших растений, корневые волоски и клетки эпидермиса.

Предполагается изучение:

- кальциевого метаболизма корневых волосков;
- динамики цитоскелета в процессе формирования корневых волосков;
- влияния ионов кальция на цитоскелет корневых волосков.

Эксперимент «Фотосинтез-1» - Эффективность функционирования первичного процесса фотосинтеза и его эндогенная регуляция в условиях космического полета.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. О. И.Воловик.

Цель и процедура эксперимента:

- выяснение характера влияния космических факторов на протекание первичных фотореакций в хлоропластах, на процессы метаболизма растения в целом {образование белков, углеводов};
- поиск наиболее чувствительных к действию микрогравитации элементу фотосинтетического процесса, что даст возможность модифицировать как технологии выращивания растений в длительном космическом полете, так и сами растения {генно-инженерными методами} с целью продуцирования важных питательных веществ.

Объект - растения ячменя.

Предполагается:

- посев и выращивание ячменя;
- изучение эффективности функционирования первичного процесса фотосинтеза и его эндогенной регуляции в условиях космического полета.

Эксперимент «Фотосинтез-1» - Кислород-выделяющий комплекс.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Е.К.Золотарева.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на функциональную активность, спектральные

характеристики, полипептидный и пигментный состав, процедуры прочно- и слабосвязанных ионов марганца и калия в кислород-выделяющем комплексе фотосистемы II;

- исследование роли трех периферических полипептидов с молекулярными массами 33, 24 и 18 кДа в процессе выделения кислорода;
- разработка метода выделения функционально полноценных хлоропластов и комплексов из листьев, выращенных и зафиксированных непосредственно на борту орбитальной станции.

Регулярное измерение поглощения углекислого газа и его выделения возможно осуществить только при соответствующей договоренности с американской стороной, поскольку соответствующее компактное оборудование в Украине не производится; В эксперименте будут замачиваться семена гороха на одни сутки, и после проращивания высаживаться в субстрат в специальных камерах для выращивания растений,

Эксперимент «Спектр» - Фотосинтез.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. С.М.Кочубей.

Цель и процедура эксперимента:

- проверка работоспособности универсального прибора для бесконтактного дистанционного измерения основных параметров листьев растений;
- проверка гипотезы о том, что параметры «кривой зелени» (динамики изменения индексов, чувствительных к хлорофиллу, на протяжении периода вегетации) содержат информацию о потенциальном уровне накопления биомассы;
- выбор наиболее информативных параметров и проверка их работоспособности в условиях космического полета.

Объект – высшие растения.

Предполагается:

- измерение «кривых зелени»;
- оптимизация выращивания салата и редиса;
- дистанционный мониторинг растений.

Эксперимент «Этиглия» - Роль этилена и абсцизовой кислоты в биологических эффектах микрогравитации.

Организация; Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Б.А.Курчий.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на рост и развитие растений с видоизмененным корнем (редис) и побегом (картофель);
- изучение некоторых механизмов геотропической реакции в условиях микрогравитации;
- получение данных о том, является ли стрессовый этилен и стрессовая абсцизовая кислота причиной геотропических реакций растений или следствием физических повреждений тканей.

В эксперименте будут использованы 7-дневные проростки, полученные на земле и семена для прорастания в космосе. В течение эксперимента контроль за ростом растений будет осуществляться с помощью видеокамер.

Объект - растения редиса и картофеля.

Предполагается произвести:

- анализ роста и развития 7-дневных проростков и семян;
- видеоанализ роста растений. Продолжительность эксперимента: 30-40 дней на орбите.

Эксперимент «Меристема» - Влияние микрогравитации на кинетику и трофику растительных меристем.

Организация: Институт клеточной биологии и генной инженерии НАН Украины.

Руководитель: к.б.н., акад. НАНУ Д.М.Гродзинский.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение воздействия изменения гравитационного поля на кинетику и трофику меристем и способность к репродукции;
- выяснение, является ли микрогравитация эффектом, модифицирующим структуру и кинетику меристем, возможна ли в невесомости нормальная семенная репродукция, насколько эффективна и продолжительна гравитационная память, возможна ли преадаптация высших растений к длительным космическим полетам в наземных условиях и какова роль воздействия микрогравитации на обеспечение меристематических тканей пластическими веществами.

Объект – семена креписа, лука, скерды.

Процедура эксперимента:

- исследование кинетики и трофики роста семян (10 суток для семян креписа и 14 суток для лука, для ттодоносящих экземпляров и семян -более 30 суток).
- видеоанализ, фотосъемка и регулировка освещенности.

Эксперимент «Крахмал» — Структурно-метаболические аспекты углеводного обмена в условиях микрогравитации.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Е.Л.Кордюм.

Цель и процедура эксперимента:

- получение данных о возможности образования клубней в условиях микрогравитации
- количественный и качественный анализ крахмала.

Объект - растения.

Микрочеренки будут выращиваться на земле в синтетических чашках Петри в питательной среде. Затем они доставляются на борт и помещаются в прозрачный бокс. В ходе эксперимента осуществляется поддержание условий эксперимента с занесением параметров в бортовой журнал. Также осуществляется фотографирование процесса развития черенков. Режим освещения включается через 24 часа. 11-ти суточный цикл освещения повторяется пять раз.

Длительность эксперимента – 60 суток.

Эксперимент «Полиморфном» – Влияние микрогравитации на структурно-функциональную организацию цианобактерий и одноклеточных и ценобиальных зеленых водорослей.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. П.М.Даренко.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на морфологические структуры зеленой водоросли *Scenedesmus annates* (Chod);
- изучение влияния микрогравитации на морфологические особенности *Pediastrum boryanum* (Thurp.).

Объект - *Scenedesmus annates* (Chod.), *Pediastrum boryanum* (Thurp.).

Предполагается:

- установление зависимости внешне-морфологических структур, процесса автоспорогенеза и ультраструктурных изменений клетки (продолжительность – 21 сутки).
- установление влияния микрогравитации на морфологию клетки, внутриморфологические структуры и репродуктивные процессы.

Эксперимент «Опухоли растений» - Изучение влияния микрогравитации на опухолеобразование с использованием модели индукции корончато-галловых опухолей при помощи *Agrobacterium tumefaciens*.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. В.В.Сарнацкая.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование эффекта микрогравитации на деление клеток и выход их в дифференцированное состояние (образование сосудистых элементов – трахеид) при

нормальной дифференциации в условиях *in vitro* и при индукции опухолевого роста агробактерией;

- научение влияния экзогенного Ca^{2+} и модификаторов его метаболизма на изучаемые процессы.

Объект - зародыши семян, проростки растений и семена сосны.

Предполагается:

- высаживание семян в кюветах с питательной средой;
- фотографирование в начале и в конце космического полета.

Эксперимент «Экспрессия» – Влияние изменения гравитации на экспрессию генов растений.

Организация: Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины.

Руководитель к.б.н. В.И.Прима.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование возможной индукции в растительных тканях молекул-проводников с сигнальной трансдукцией после космического полета по сравнению с земной гравитацией;
- исследование клеточного содержания белков высокого и низкого молекулярного веса, а также специфических РНК и РНП;
- исследование соотношений различных типов ядерных РНП и цитоплазматических РНП;
- исследование спектров (A)+РНК. Объект - растительные проростки. Предполагается:
- подготовка проростков;
- экспозиция под действием микрогравитации;
- замораживание образцов и транспортировка на Землю.

Эксперимент «Шапероны» - Исследование синтеза белков и роли молекулярных шаперонов в реакции клеток растений при действии гравитации и в процессе адаптации.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководители: д.б.н. Е.Л. Кордюм, к.б.н. В.С.Кравец.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на специфику физиологических и биохимических процессов, таких как энергетический метаболизм, синтез белков в органах и тканях растений;
- исследование функциональной роли молекулярных шаперонов в клетках и органеллах (митохондрии и ядра) на разных стадиях прорастания семян и развития проростков в условиях космического полета, а также реакции растений на тепловой шок и на кратковременное и продолжительное действие холода.

Объект - проростки кукурузы.

Предполагается:

- выращивание в термостате проростков кукурузы (ожидаемое удлинение - в 2.5 раза при продолжительном действии низкой температуры);
- изменение температурного режима (1-й режим – +10°C, 2-й режим – +36-42°C);
- фиксация растений методом замораживания и возвращение материалов на Землю;
- обработка материала на Земле.

Эксперимент «Фрагментации» - Исследования фрагментации ДНК в клетках растений в условиях космического полета

Организация: Институт клеточной биологии и генетики НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Б.В.Сорочинский.

Цель и процедура эксперимента:

- сравнительная регистрация на разных стадиях космического полета уровня повреждений в молекулах ДНК, выделенных из растительных клеток, где приостановлены процессы ее репарации (зародыши семян), а также из активно пролиферирующих клеток, где идут процессы репарации ДНК (молодые проростки растений);
- оценка уровня однонитиевых разрывов в молекулах ДНК с помощью электрофореза в щелочной среде и хроматографии на гидроксилпатите. Участникам полета необходимо

высадить семена в пластиковые кюветы с агаризованной питательной средой и провести их фотографирование в начале и в конце космического полета.

В рамках раздела программы «Биология развития в условиях микрогравитации» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Семя» - Исследование влияния микрогравитации на вегетативную, генеративную фазы онтогенеза и семенное размножение растений.

Организация: Институт ботаники им. М.Г.Холодного НАН Украины.

Руководители: д.б.н. Е.Л Кордюм, д.б.н. А.А. Кучко.

Цель и процедура эксперимента:

- Будет проведено изучение влияния микрогравитации и горизонтального клиностатирования на процессы дифференциации клеток, на синтез полисахаридов, а также механизма влияния силы тяжести на разных уровнях - клеточных, субклеточных и молекулярных.

Объект - картофель (*Solanum tuberosum* L).

Предполагается:

- выращивание микрочеренков в синтетических чашках Петри на Земле;
- проведение 60-суточного эксперимента на борту МКС при различных; режимах освещенности. Режим освещения включается через 24 часа после выведения на орбиту.
- возвращение материалов на Землю;
- фиксация и обработка материала на Земле.

Эксперимент «Протонема» - Протонема мхов как модельный объект исследований роли гравитации в ростовых и формообразовательных процессах растений.

Организация: Институт клеточной биологии и генетики НАН Украины

Руководитель: О.Т.Демкив.

Цель и процедура эксперимента:

- расширение класса модельных объектов и методических подходов к исследованию роли гравитации в жизнедеятельности растений, в том числе в сложнейшем и загадочном формообразовательном процессе;
- анализ листовых мхов на возможность их лабораторного культивирования для оценки их способности адекватно реагировать на воздействие гравитации.

Объект - протонема мха.

Предполагается провести:

- исследование природы ростовых движений протонемы (20-30-дней);
- исследование гравифотоморфогенеза гаметофита (7-9 дневная протонема; освещение светом разной интенсивности в течение 1-5 дней).
- поиск и апробация на гравитропизм новых видов и мутантных форм.

В рамках раздела программы «Взаимодействие эукариотических (растения, животные, человек), прокариотических (патогенных, симбиотических, ассоциативных) организмов и вирусов в условиях микрогравитации; оценка изменений микрофлоры и ее патогенных свойств в кабине космических летательных аппаратов» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Устойчивость» - Вирусоустойчивость пшеницы.

Организация: Киевский университет им. Тараса Шевченко.

Руководитель: Л.Т.Мищенко.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение возможностей контаминации растений вирусами окружающей среды, в том числе и от персонала орбитальной станции;
- исследования механизмов взаимодействия вирусов с растительными клетками, которые изменены факторами космического полета или адаптированы к ним;
- поиски возможностей экзогенного влияния на взаимоотношения клетка - вирус, разработка способов повышения стойкости к вирусам путем создания специфических биопрепаратов и новых форм растений, нечувствительных к вирусной инфекции;

- исследования латентных вирусов в условиях космического полета.

Растения будут выращиваться в камере, обеспечивающей освещение, влажность и питание растений. Космонавтам не реже 1 раза в сутки необходимо осуществлять контроль эксперимента и визуальные наблюдения за изменением окраски листьев, состояния растений и вирусов. На Землю будет возвращена камера с сосудами, капсулами и растениями.

Эксперимент «Бактериофаг» - Вирусы фитопатогенных бактерий (бактериофаги).

Организация: Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Р.И.Гвоздяк.

Цель и процедура эксперимента:

- подбор тест-культур бактерий для выявления литических агентов;
- выявление бактериолитических агентов в пораженных тканях растений;
- выделение фагов в литических агентах;

В полетных условиях космонавтами будет контролироваться взаимоотношение между бактериями и фагами в присутствии растений. Разработка оригинальной установки не требуется.

Эксперимент «Патоген» - Агрессивность патогенных бактерий и грибов в условиях микрогравитации.

Организации: Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, Институт ботаники им. М.Г.Холодного НАН Украины.

Руководители: д.б.н. Р.И. Гвоздяк, д.б.н. ЕМ. Недуха.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение агрессивности как отдельных изолятов, так и клонов многих изолятов в условиях космического полета.
- изучение индуцированной патогеном иммунзащитной реакции растений, растущих в космосе или в условиях имитации невесомости (горизонтальное клиностамирование);

Эксперименты планируется проводить на тех растениях, которые будут испытывать другие исследователи. Отбираются только больные растения и семена. Оборудование не предусматривается, сам эксперимент производится в послеполетных наземных условиях.

Эксперимент «Гентранс» - Молекулярно-генетические процессы бактерий микроценоза в условиях космического полета».

Организация: Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Н.А. Козыровская.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование генетически модифицированных бактерий с комплексом полезных для растений свойств;
- моделирование процессов переноса генетической информации между бактериями в условиях микрогравитации и взаимодействии с растением-хозяином в условиях полета.

В рамках раздела программы «Возможности использования магнитного поля для изучения растений» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Магнет» - Возможности использования магнитного поля для изучения гравирецепторного аппарата растений и компенсации отсутствия гравитационного вектора.

Организация: Институт физики НАН Украины.

Руководитель: к.ф.-м.н А.В.Кондрачук.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование кинетики изменения ориентации растения в условиях микрогравитации под действием высокоградиентного магнитного поля и в его отсутствие;
- изучение структурно-функциональной организации гравичувствительных клеток корней растений при действии высокоградиентного магнитного поля в лабораторных и полетных условиях;
- исследование механизмов реакции системы статолиты-цитоскелет в ответ на контролируемое во времени и пространстве воздействие на статолиты пондеромоторных

сил, вызванных высокоградиентным магнитным полем в условиях микрогравитации;

- исследование реологии системы статолиты-цитоскелет в гравичувствительных растительных клетках;
- проверка возможности имитации условий микрогравитации в земных условиях с помощью высокоградиентного магнитного поля.

Предполагается периодическая съемка последовательных этапов роста и изменения ориентации растений, которые будут размещены в специальных блоках культивации вместе с питательными растворами и фиксирующими жидкостями. Число сеансов 3 (8 часов x 3). Необходимо получение 30 фотоизображений последовательных стадий ориентации растений в одном сеансе.

Эксперимент «Субстрат» - Искусственная почва.

Организация: Центральный ботанический сад НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Т.М. Черевченко.

Цель и процедура эксперимента:

- разработка структурно-функциональных основ конструирования заменителей почв для условий микрогравитации;
- создание методологического подхода к изучению физиолого-биохимических, генетических и анатомических изменений у растений различной морфоструктуры под воздействием факторов внешней среды для создания управляемых экобиосистем.

Для проведения исследований (6-12 месяцев) планируется использование гермообъемов с регистрацией термодинамических и тургорных биопотенциалов листьев овощных и витаминных культур. В качестве заменителей почвы будут использованы волокнистые субстраты различной окраски и удобрения пролонгированного действия (2 г на 1 куб. дм.)

Эксперимент «Сенсор» - Тонкопленочные сенсоры.

Организация: Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины.

Руководитель: д.т.н. И.Д.Войтович.

Цель и процедура эксперимента:

- создание выводимых на орбиту камер, оснащенных системами контроля физических и химических параметров микроклимата в помещениях и в камерах для проведения экспериментов (температура, давление, состав и влажность воздуха);
- исследование возможности использования в качестве чувствительных элементов микроэлектронных тонкопленочных сенсоров, обладающих высокой точностью, быстродействием, взаимозаменяемостью, имеющих малые массу, габариты и энергопотребление, удобных для компьютерной обработки информации.

Эксперимент состоит в использовании сенсорного комплекса для проверки научных гипотез и идей в конкретных биотехнологических и биологических экспериментах. Разработанная электронная и программная поддержка комплекса сенсоров обеспечивает средства общения оператора с системой, обработку и представление результатов контроля параметров. Для включения сенсорного комплекса в состав полетного блока необходимо проведение конструкторских работ, наземных макетных и натурных испытаний в составе оборудования, предназначенного для полета.

Процедура эксперимента, частота опроса сенсорной системы, вид опроса (визуальный, периодический, автоматический) зависят от требования заказчика для конкретного эксперимента.

Эксперимент «Семя -1» - Репродукция семян.

Организация: Институт ботаники им. М.Г.Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. А.Ф.Попова.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение репродуктивного развития высших растений в условиях космического полета.
- выяснение особенностей дифференцировки зародышей в условиях космического полета.

Объект - семена.

Предполагается:

- полив семян после вывода на орбиту;
- фотографирование всходов;
- искусственное опыление цветов, маркировка завязей и темпоральная фиксация завязей;
- обработка материала после приземления.

Эксперимент «Июлак» - Влияние микрогравитации на интенсивность процессов перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы защиты в растениях гороха.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. В.В.Бараненко.

Цель и процедура эксперимента:

- разработка рекомендаций по повышению устойчивости растений к условиям микрогравитации путем обработки экзогенными антиоксидантами.

Объект - корни, листья, хлоропласты, митохондрии растений гороха.

Исследуемые объекты будут подвергаться влиянию медленного горизонтального клиностатирования (2 оборота/мин) на протяжении 1,7, 14 и 21 суток. После окончания эксперимента замороженный материал доставляется в лабораторию для анализа.

Эксперимент «Эндоспермогенез» – Эндоспермогенез.

Организация: Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Е.Л.Кордюм.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование эмбрио- и эндоспермогенеза у растений с различным типом эндосперма после оплодотворения на последовательных стадиях развития семени;
- проверка гипотезы о неодинаковой чувствительности эмбрионального развития к воздействию микрогравитации у растений с различными типами эндосперма.

Объект - однолетние двудольные и однодольные высшие растения.

Предполагается:

- выращивание растений в чашках Петри;
- опыление цветков некоторых растений;
- получение второго и третьего поколений семян (3-6 месяцев);
- фотографирование растений;
- обработка материала после приземления.

Перечень оборудования для эксперимента «Оранжерея»

Модульная оранжерея изменяемой геометрии 1800 мм x 650 мм x 1000 мм, вес до 15 кг в момент старта, максимальная масса может достигнуть 120 кг и ограничивается объемом секции, электропитание НО В, максимальная мощность 800 Вт, управление планируется как от компьютера (центрального бортового или автономного), так и в режиме ручного перевода модулей на простую автономную регуляцию.

Выращивание экспериментального материала планируется проводить в стандартных светоблоках («Кальций-цитоскелет»).

Предусматривается разработка мини-прибора МАЛС с тем, чтобы в последующем провести его тестирование на модельных и биологических объектах. Состав прибора: диодный лазер, кассетный блок, предназначенный для механической смены исследуемых объектов, светоделительные модули, чувствительные фотоприемники, интерференционные светофильтры, электронная схема для определения микровязкости исследуемого объекта, светодиодный индикатор, низковольтные автономные источники питания. Габаритные размеры фотоприемных устройств составляют 50 мм x 100 мм x 100 мм. Предусматривается использование миниатюрного автономного лазерного спектрофлюориметра. Возможно также использование контейнеров для выращивания проростков гороха в условиях космического полета, применяемых ранее на биоспутниках. Предполагается использование липосом, приготовленных методами «обращенных фаз» и диспергирования фосфолипидов в буфере. Для приготовления крупных липосом диаметром более 80 нм будет применена ультразвуковая обработка суспензии в трубчатом

дезинтеграторе в течение 1-5 мин. («Мембрана-1»).

Предполагается использование липосом диспергированием фосфолипидов в буфере в условиях микрогравитации, планируется создание полетной ультразвуковой установки (дезинтегратор с трубчатой насадкой на излучателе). Предполагается использование законсервированного в земных условиях препарата рибосом, (объем 30 мл) («Мембрана-2»).

Предполагается использование миниатюрного автономного лазерного спектрофлуориметра. Возможно также использование контейнеров для выращивания проростков гороха, применяемых ранее на биоспутниках («Микровязкость»).

Для проведения космического эксперимента необходимо наличие герметического отсека, в котором будет размещен контейнер (25 см x 25 см) с растительным материалом. («Мессенджеры-1»).

Требуются термостат для проращивания растений, низкотемпературный (ниже - 70 °С) термостат или контейнер с жидким азотом для фиксации растительного материала, источник питания для термостатов, контактный термометр и блок автоматического поддержания температуры. Точность поддержания температуры в термостате не должна превышать ± 4 °С. Зафиксированные (замороженные) образцы не должны нагреваться до температуры свыше 10 °С («Мессенджеры-2»).

Выращивание растений на космической станции будет производиться с использованием стандартной оранжереи. Предполагается использование оборудования американской стороны для измерения поглощения углекислого газа («Фотосинтез-1»).

Регулярное измерение поглощения и выделения углекислого газа возможно осуществить только при соответствующей договоренности с американской стороной, поскольку соответствующее компактное оборудование в Украине не производится. Весовые характеристики камер для выращивания растений: основание камеры - 400 г необходимых для роста растений («Фотосинтез-2»).

Портативный хлорофилломер со следующими техническими параметрами: средняя мощность потребления электроэнергии - 50 Вт, напряжение источника питания - 27 В, емкость ОЗУ - 16 Кб, масса - 5 кг, габариты - 30 см x 40 см x 10 см. Портативный прибор для измерения индукционных кривых флуоресценции типа 0SS-5 фирмы Opti-Science, адаптированный для работы на борту космической станции («Спектр»).

Размеры камеры для растений - 60 см x 20 см x 50 см. В течение эксперимента контроль за ростом растений будет осуществляться с помощью видеокамер («Этилен»).

Для проведения экспериментов необходим прибор для проращивания семян и прибор для выращивания растений. Приборы состоят из специальных камер. Должна быть обеспечена автономность приборов; световая стерильность, тепло-газообмен, виброустойчивость. Механические, электрические и другие воздействия на научную аппаратуру в процессе вывода на орбиту должны контролироваться. Работа аппарата может проходить частично в автоматическом, частично - в полуавтономном режиме. Необходимо обслуживание космонавтами в полете согласно программе фиксации образцов. Габаритно-массовые характеристики: общая масса аппаратуры 16.5 кг, куда входят прибор 1 - 1.5 кг, прибор 2 - 15 кг. Объем всего аппарата - 1 куб м. Особенности размещения: неподвижно, внутри герметического отсека, на платформе. Требования к электропитанию: необходимы лампы дневного света, обеспечивающие освещенность 20 люкс, напряжение - в соответствии с возможностями МКС; фоторежим: 12 час освещенности, 1 час темноты. Перечень контрольно-измерительной аппаратуры: контактный термометр, люксметр, гравиметр («Меристема»).

Объект эксперимента (эксплантаты в чашках Петри) помещаются в количестве 10 шт. в прозрачный бокс из оргстекла размером 20 см x 9 см x 8 см. Предполагается наличие термостата С1+18°С и люминисцентных ламп белого света интенсивностью 3-4 тыс, люкс. Необходимо также наличие платформы площадью 20 см x 9 см и таймеров. Вес - 2 кг («Крахмал»)

Для проведения экспериментов с водорослями необходимо использование светоблока и люминисцентных ламп (**«Полиморфизм»**).

Для проведения экспериментов предполагается использование контейнера типа «Биоблок», в котором будет размещено 100 чашек Петри с экспериментальным материалом («Опухоли растений»).

Для замораживания растительных проростков будет использована холодильная установка («Экспрессия»).

Исследование синтеза белков и молекулярных шаперонов будет проведено с использованием типичных термостатов (**«Шапероны»**).

Центрифуга, клиностат, спектрофотометр, морозильная камера, и контейнеры для выращивания гороха («Полак»).

Пластиковые кюветы с питательной средой для проращивания семян сосны, термометр, люксметр, дозиметр, фотокамера. Оборудование состоит из пластиковых кювет, нет никаких специфических требований к характеристикам оборудования. Пластиковые кюветы - размером 10см x 5см x 3 см, весом 300 гр 1 шт, количество - 6 шт. Нет никаких специальных требований к электропитанию, не требуется наличие иллюминатора. Требования к работе аппаратуры - автономная работа, к условиям функционирования аппаратуры - температура 24 - 25 С, давление 1 атмосфера. Есть также необходимость контроля радиационного фона, температурных изменений. Состав расходных материалов - фотопленка. Материалы, которые должны вернуться на Землю - пластиковые кюветы с проростками семян сосны (10 см x 5 см x 3 см, вес 300 гр в количестве 6 шт.) и фотопленка. Растения, которые возвращаются на Землю, должны быть в живом состоянии (**«Фрагментация»**).

Эксплантаты в чашках Петри (в количестве 10 штук) должны быть помещены в прозрачный бокс из оргстекла размером 20 см x 9 см x 8 см. Целесообразно использовать термостат с температурой + 18 С. Бокс освещается люминисцентными лампами, обеспечивающими скжетценность мощностью 3-4 тыс. люкс. Габаритно-весовая характеристика с чашками Петри для выращивания микрочеренков: объем - 20 см x 9 см x 8 см., вес - 2 кг. («Семья»).

Устройство BRIC, изготовленное инженерами NASA (**«Протонема»**).

Камера, состоящая из блока освещения, водообеспечения, субстрата и минерального питания растений (**«Устойчивость»**).

Не предполагается создание оригинальной установки (**«Бактериофаг»**).

Не предполагается создание оригинальной установки **«Патоген»**

В эксперименте используются микрокультиватор, ампула с инокулятом типа ИФС, приспособления для уничтожения ампул и сбора инокулюма, система переноса инокулята типа «Рост-4м» (**«Гентранс»**).

Прибор для наблюдения за ростом и изменением ориентации растений: вес 11 кг, объем 0.3 кубических метра, лампа, обеспечивающая возможность фотосъемки, контактный термометр, гравктометр, кассеты с фотопленкой (**«Магнет»**).

Культивационное оборудование для выращивания высших растений (**«Субстрат»**).

Размер тонкопленочного сенсора 0.25 мм x 6 мм x 6 мм, вес 1 гр. Размеры электронного блока с датчиком 100 мм x 100 мм x 100 мм, вес 100 гр. (**«Сенсор»**).

Требуется 5-6 кульшваторов, помещенных в специальный блок с контролируемым уровнем углекислого газа, температуры, влажности и уровня полива растений («Семя-1»).

Центрифуга, клиностат, спектрофотометр, морозильная камера, биоконтейнеры для выращивания гороха («Полак»).

Для выращивания растений будет использоваться штатная оранжерея. Необходимая площадь составляет 0,5 кв. м. (**«Эндоспермогенез»**),

2. Комплекс экспериментов «Биолаборатория»

В рамках раздела программы «Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном

уровнях» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Кальций-Цитоскелет» – Влияние микрогравитации на метаболизм кальция и цитоскелет в растительных клетках различного типа.

Организация: Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Е. Л.Кордюм.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Мембраны».

Организация: Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. О.В.Пржонская.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Мессенджеры» - Исследование функционирования аденилциклазной системы в условиях микрогравитации.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. В.К.Яворская.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Меристема» - Влияние микрогравитации на кинетику и трофику растительных меристем.

Организация: Институт клеточной биологии и генной инженерии НАН Украины.

Руководитель: д.б.н., акад. НАНУ Д.М.Гродзинский.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Крахмал» - Структурно-метаболические аспекты углеводного обмена в условиях микрогравитации.

Организация: Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Е.Л.Кордюм.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Опухоли растений» - Изучение влияния микрогравитации на опухолеобразование с использованием модели индукции корончато-галловых опухолей при помощи *Agrobacterium tumefaciens*.

Организация: Институт ботаники НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. В.В.Сарнацкая.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Экспрессия» - Влияние изменения гравитации на экспрессию генов растений.

Организация: Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. В.И.Прима.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Шапероны» - Исследование синтеза белков и роли молекулярных шаперонов в реакции клеток растений при действии гравитации и в процессе адаптации.

Организация: Институт физиологии растений и генетики НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. В.С.Кравец.

Цель и процедура эксперимента:

• Изучение влияния микрогравитации на специфику физиологических и биохимических процессов таких, как энергетический метаболизм, синтез белков в органах и тканях растений, а также функциональной роли молекулярных шаперонов на разных стадиях прорастания семян и развития проростков и реакции растений на тепловой шок и действие

холода.

Процедура эксперимента состоит в выращивании семян и проростков при действии теплового шока и холода в условиях космического полета.

Эксперимент «Полак» - Влияние микрогравитации на интенсивность процессов перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы защиты в растениях гороха.

Организация: Институт ботаники им. Н. Г Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. В.В.Бараненко.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Фрагментация» - Исследования фрагментации ДНК в клетках растений в условиях космического полета.

Организация: Институт клеточной биологии и генетики НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Б.В.Сорочинский.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Оранжерея».

Эксперимент «Фрагментация» - Влияние микрогравитации на остеогенез

Организация: Институт клеточной биологии и генетики НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Н.В.Родионова

Описание эксперимента представлено в разделе «Зоомодуль».

Эксперимент «НЭТКЛЕТКИ» - Изучение влияния измененной ситы тяготения на функцию нервных, эндокринных и трансформированных клеток».

Организация: Институт физиологии им. Богомольца НАН Украины.

Руководитель: акад. П.Г.Костюк.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование на клеточном и молекулярном уровнях изменений нервных и эндокринных клеток во время орбитального полета.

Объект - клеточные культуры.

Предполагается:

- содержание клеточных культур в микроинкубаторе.
- микрофотосъемки при помощи инвертированного микроскопа с фотонасадкой для получения изображения объекта.
- возвращение материалов на Землю

В рамках раздела программы «Биология развития в условиях микрогравитации» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Орхидея».

Организация: Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Т.М.Черевченко.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование адекватности структуры и функциональной изменчивости морфологически отличающихся видов орхидных под воздействием физических стрессов (микрогравитация, различный уровень освещения, водообеспечение, изменение температур);
- изучение воздействия стресс-факторов на физиолого-биохимические процессы растений (процедура углеводов, аминокислот, растворимых белков, биогенных элементов, биосинтез фотосинтетических пигментов);
- проведение сравнительного анализа содержания нуклеиновых кислот в клетках различных органов орхидных, растущих в условиях клиностатирования и микрогравитации;
- определение биологических ритмов различных видов под воздействием физических стрессов и анализ электрофизиологических особенностей орхидных;
- анализ анатомического строения поверхностных тканей листьев и воздушных корней орхидных в условиях микрогравитации и других стресс-факторов;
- разработка технологии выращивания растений на искусственных заменителях почвы с

использованием сбалансированной системы минерального питания.

Объект - орхидеи.

Предполагается:

- изучение влияния микрогравитации на рост и формирование растений;
- анализ, возможности использования орхидей в качестве биофильтров;
- изучение физико-биохимических изменений у различных видов орхидных под воздействием стресс-факторов.

В рамках раздела программы «Взаимодействие эукариотических (растения, животные, человек), прокариотических (патогенных, симбиотических, ассоциативных) организмов и вирусов в условиях микрогравитации; оценка изменений микрофлоры и ее на именных свойств в кабине космических летательных аппаратов» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Вирус» - Исследование влияния факторов космического полета на ДНК- и РНК-геномные вирусы и системы «вирус-клетка» и «вирус-растение».

Организация: Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. М.И.Менджул.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование влияния микрогравитации и факторов реального космического полета на физико-химические, биологические свойства вирусов.

По эксперименту «**Вирус**». Образцы культурального аденовируса, находящиеся в герметически закрытых контейнерах, через промежутки времени 10, 30, 60, 90 суток полета замораживают (по одному на каждый срок) и в замороженном состоянии возвращают на Землю для последующих анализов.

По эксперименту «**Вирус-клетка**».

Находящиеся в закрытых контейнерах инфицированные аденовирусом клетки экспонируются на станцию непосредственно перед ее запуском. Через 2, 5, 7 суток необходимо провести поочередное замораживание контейнеров при температурах от -20° до -70° по Цельсию.

По эксперименту «**Фитовирус**».

Взвесь вирусов, находящуюся в пробирках при +4°С замораживаю! до -70°С через каждые 5 дней в течение 50 суток (по одной на каждый срок).

Основное принципиальное требование к экспериментам - недопустимость изменения температурного режима экспонирования вирусной взвеси, условий замораживания и хранения вирусного материала. Продолжительность экспериментов - 4 года.

Эксперимент «Индукция» Исследование лизогенных цианобактерий как модели для космических экспериментов.

Организация: Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины.

Руководитель: чл.-корр. НАНУ Н-С.Дяченко.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование влияния микрогравитации на уровень индукции провирусов и характер их литического развития в лизогенной культуре цианобактерий, индуцированной в условиях космического полета.

В эксперименте будет использована клонированная лизогенная культура нитчатой цианобактерии *Plectonema boyanum 465*, предварительно выращенная в наземных условиях. Ею заполняют 20 биоконтейнеров, которые монтируют на специальной подставке в горизонтальном положении. Биоконтейнеры круглосуточно освещают люминесцентными лампами. С момента старта каждые сутки снимают по одному биоконтейнеру и помещают их в морозильную камеру. После 20 суток полета пробы возвращаются на Землю.

В рамках раздела программы «Продолжительность жизни и старение в условиях микрогравитации; космическая медицина» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Тромбоциты» - Исследование влияния факторов космического полета на

процессы образования и разрушения тромбов в крови человека.

Организация: Институт биохимии им. А.В.Палладина НАН Украины.

Руководитель: академик НАНУ С.В.Комиссаренко.

Цель и процедура эксперимента:

Описание эксперимента представлено в разделе «Биомедконтроль».

Перечень оборудования для эксперимента «Биолаборатория»

Описание оборудования по экспериментам «Кальций - Цитоскелет», «Мембраны», «Мессенджеры», «Меристема», «Крахмал», «Опухоли растений», «Экспрессия», «Шапероны», «Полак», «Фрагментация» представлено в комплексе экспериментов «Оранжерея».

Для выполнения эксперимента планируется использование биоконтейнера животных (крысы), апробированного в экспериментах на орбитальных станциях «Мир», биоспутниках серии «Космос». Он может быть заказан в НПО «Респиратор» (г. Донецк), СКТБ «Биофизприбор» (г. Санкт-Петербург), а также куплен в дальнем зарубежье, например, Animal Enclosure Module (АЕМ), который использовался на «Спейс-Шаттл» (NASA). Биоконтейнер «Type-I/E» или его аналоги для культивирования тканей использовался в экспериментах на борту «Спейс-Шаттл» в миссии IML-1 («Остеогенез»).

Экспериментальная установка состоит из микроинкубатора для содержания клеток, микроскоп с фотонасадкой («НЭТКЛЕТКИ»).

Для проведения экспериментов используется культивационное оборудование, гермообъемы с регистрацией биопотенциалов и заменители почвы («Оранжерея»)

Прибор «Вирус» - 4 термостата с ячейками для флаконов, прибор «Вирус-клетка» - 3 термокамеры по 7 контейнеров (110 мм x 90 мм x 80 мм) в каждой с ячейками для флаконов, прибор «Фитовирус» - контейнер 40 мм x 160 мм x 250 мм, вмещающий 60 пластиковых пробирок (общий вес 1 кг.). Прибор «Вирус-растение», состоящий из 2 камер (300 мм x 300 мм x 500 мм), обеспечивающий освещенность 6 тыс. люкс и полив растений («Вирус»).

Биоконтейнеры цилиндрической формы (20 штук, высота 100 мм, диаметр 60мм), приспособления для закрепления биоконтейнеров (600 мм x 300 мм) и их фиксирования (700 мм x 400 мм), морозильная камера (930мм x 750 мм x 500 мм) с рабочей температурой -20° С («Индукция»).

С целью создания искусственной силы тяжести в условиях МКС предполагается использование бортовой микроцентрифуги «БМЦ-2». Габариты - 230мм x 230мм x 270 мм. Потребляемая мощность - 100 Вт. Масса - 15 кг.

3. Комплекс экспериментов «Зоомодуль»

В рамках раздела программы «Биология клетки в условиях микрогравитации, метаболизм кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Импульс» - Влияние микрогравитации на процесс передачи нервного импульса.

Организация: Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. Н.Г.Гиммельрейх.

Цель и процедура эксперимента:

- сравнительный анализ характеристик процесса синаптической передачи, протекающего в обычных земных условиях и в условиях длительной микрогравитации, а также гипергравитации;
- сопоставление результатов, полученных на животных, подвергшихся действию условий космического полета, с результатами наземного синхронного эксперимента;
- оценка функционального состояния потенциал зависимых ионных каналов в пресинаптической мембране нервной клетки и этапов процесса освобождения нейромедиаторов.

Планируется проведение исследований на тридцати животных с разным временем их пребывания на борту (от нескольких дней до нескольких месяцев).

Суть эксперимента состоит в том, что несколько групп интактных и иммунизированных мышей посылаются в космос в разные временные интервалы относительно иммунизации, что дает возможность изучить влияние факторов полета на отдельные этапы иммунного ответа. Параллельно будут исследованы сыворотки крови космонавтов, вернувшихся из космического полета. Также предполагается исследование в космосе живых клеток, культивируемых в пробирках.

Эксперимент «Иммунитет» - Иммунный ответ в условиях микрогравитации.

Организация: Институт биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. С.А.Бобровник.

Цель и процедура эксперимента:

- комплексное исследование влияния условий космического полета на иммунный ответ;
- использование иммунологических подходов для анализа биологических процессов, происходящих в условиях микрогравитации;
- исследование уровней природных, полиреактивных антител в сыворотках крови космонавтов.

Объект исследования - крысы.

Основная задача эксперимента состоит в сравнительном анализе характеристик процесса синаптической передачи, протекающего в обычных земных условиях и в условиях длительной микрогравитации. Будет проведена оценка функционального состояния потенциал-зависимых ионных каналов в мембране нервной клетки и этапов освобождения нейромедиаторов.

Для проведения первой серии запланированных экспериментов требуется содержание на космическом корабле или орбитальной станции подопытных животных в специальных приспособлениях. Предполагается использовать оборудование, ранее применявшееся в экспериментах такого рода. Для второй серии экспериментов необходимо наличие термостата, поддерживающего 37°C и, желательно, 5% CO₂.

Эксперимент «Остеогенез» - Влияние микрогравитации на остеогенез.

Организация: Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины.

Руководитель: д.б.н. Н.В.Родионова.

Цель и процедура эксперимента:

- проведение фундаментальных исследований по изучению цитологических механизмов гравитационно-зависимых изменений в развивающемся и зрелом костном скелете при действии факторов космического полета;
- исследование цитологических особенностей морфогенеза костного скелета конечностей, закономерностей пролиферации, дифференцировки и специфического функционирования остеобластов, остецитов и остеокластов;
- изучение морфофункционального взаимоотношения клеток в процессе остеогенеза.

Объект исследования - крысы.

Планируется:

- 5-10 суточный эксперимент на 15-20 крысятах 3-4 недельного возраста, для исследования будут взяты кости скелета конечностей.
- 10-22 суточный эксперимент на 5-8 беременных крысах с последующим возвращением их на Землю, для исследования будут взяты плоды и кости скелета самок.

Эксперимент «Регенерация» – Регенерация дермоскелета рыб в условиях микрогравитации.

Организация: Институт зоологии НАН Украины.

Руководитель: к.б.н. В.П.Пегета.

Цель и процедура эксперимента:

- выяснения влияния микрогравитации на периостальную оссификацию;
- установление механизмов декальцификации костей в космосе.

Объект исследования - рыбы.

Планируется:

В условиях космического полета будет изучена регенерация дермоскелета рыб. Для эксперимента необходим герметически закрытый аквариум с прозрачными стенками объемом 3 л. Аквариум должен быть зафиксирован в определенном месте модуля, удобном для наблюдений за движением рыб с освещенностью 14 час в сутки и температурой $24 \pm 4^\circ \text{C}$.

В рамках раздела программы «Биология развития в условиях микрогравитации» будут выполнены следующие эксперименты:

Эксперимент «Гомеостаз» - Исследование влияния факторов космического полета (гипергравитация, микрогравитация, ионизирующая радиация) на состояние окислительно-антиоксидантного гомеостаза крыс.

Организация: Украинский научно-исследовательский Институт онкологии и радиологии МЗ Украины.

Руководитель: д.м.н. В.А.Барабой.

Цель и процедура эксперимента:

- исследование активности антиоксидантных систем организма и интенсивности перекисного окисления липидов в органах и крови крыс в разные сроки после космического полета.

Объект исследования - крысы.

Планируется:

Осуществить запуск в космос двух групп лабораторных крыс-самцов (половозрелых), одна из которых служит космическим контролем, а вторая получает средства коррекции антиоксидантных (АО) клеток. Эта последняя группа разделена на две подгруппы - 2А - получали комплекс АО на протяжении 3 суток с начала полета; 2Б - на протяжении всего космического полета. По возвращении на землю 1-ая группа разделяется на две подгруппы: 1А - не получает никаких препаратов; 1Б - получает в течение 7 суток после полета. В дальнейшем производится сравнительный анализ показателей окислительно-антиоксидантного гомеостаза в крови и органах.

В рамках раздела программы «Разработка космических клеточных биотехнологий, методов космического растениеводства, утилизации отходов и мониторинга окружающей среды» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Олигохета» - Изучение влияния микрогравитации на физиологические состояние и воспроизводство олигохет.

Организация: Институт гидробиологии НАН Украины.

Руководитель: чл.-корр. НАНУ Н.Ю.Евтушенко.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение влияния микрогравитации на физиологическое состояние и воспроизводительную способность одного из представителей беспозвоночных (олигохет), и, в частности, гибрида красного калифорнийского червя на основе установления особенностей и закономерностей пластического, энергетического и минерального обмена на организменном, тканевом и молекулярном уровнях;

- установление показателей, характеризующих протекание процессов белкового, липидного, углеводного и минерального обмена, их энергообеспечение, особенности протекания свободнорадикальных процессов, воспроизводительную функцию олигохет;

- углубление теоретических знаний относительно механизмов влияния сил гравитации и других факторов, действующих на животный организм в процессе космического полета

Объект исследований – калифорнийские черви.

Планируется:

Для эксперимента в культиваторы помещают 100 грамм биосубстрата, в расчете на семисуточный эксперимент, включающего набор пищевых компонентов (свекла, капуста, яблочные выжимки, картофель, бумага, яичная скорлупа, минеральные добавки и пр.), а также по 20 экземпляров взрослых особей красного калифорнийского червя. Для затемнения и сохранения влажности субстрата камеры сверху накрываются влажной

тканью.

В рамках раздела программы «Продолжительность жизни и старение в условиях микрогравитации; космическая медицина» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Старение» - Дифференциальная оценка влияния факторов космического полета, гипогравитации и гравитационных полей Луны и планет солнечной системы на старение и продолжительность жизни.

Организация: Институт геронтологии АМН Украины.

Руководители: академик НАН и АМН Украины В.В. Фролькис, д.б.н. Х.К.Мурадян.

Цель и процедура эксперимента:

- изучение широкого круга фундаментальных и прикладных проблем, связанных с влиянием факторов космического полета на особенности обмена, старения и продолжительность жизни;
- изучение гравитационных факторов как наиболее негативных по действию на здоровье человека в условиях космического полета;
- изучение влияния условий космического полета на жизнеспособность и продолжительность жизни лабораторных животных разных видов.

Объект исследований - лабораторные насекомые (дрозофилы) и млекопитающие (мыши, крысы).

Проводится анализ влияния:

- отдельных факторов космического полета,
- диапазона оптимальной гипогравитации,
- силы тяжести Луны и планет Солнечной системы на особенности обмена, старения и продолжительности жизни дрозophil.

Для определения влияния факторов космического полета (помимо традиционного для дрозophil определения фекандильности и фертильности) осуществляется периодическое определение возрастной динамики смертности и интенсивности потребления кислорода.

Для определения оптимального диапазона гипогравитации по несколько пробирок с мухами помещают на разном расстоянии от центра вращения бортовой центрифуги в точках, различающихся друг от друга на 0.1 g.

Для моделирования влияния силы тяжести Луны и планет Солнечной системы пробирки с мухами располагаются в точках, отвечающих примерным величинам ускорений (таблица ускорений планет и расстояние от центра вращения центрифуги до данных точек содержатся в описании к данному эксперименту).

Желательно дополнительное определение различных молекулярно-биологических и биохимических показателей с помощью тест-наборов, выпускаемых различными фирмами, а также фиксация материала для его последующего анализа в наземных условиях.

Ориентировочная продолжительность опытов на дрозофилах - 3 месяца.

После завершения серии исследований на дрозофилах и оценки полученных результатов проводятся аналогичные эксперименты на грызунах (мыши, крысы). Их продолжительность - 3-4 года.

Ввиду достаточно высокой вероятности возникновения осложнений при содержании животных и при проведении измерительных манипуляций на борту, более предпочтительным представляется реализация схемы экспериментов с участием космонавта-исследователя медико-биологического профиля.

Эксперимент «Биоминералы» - Изменение свойств биоминералов организма человека в космических полетах и разработка способов уменьшения этих изменений.

Организация: Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины.

Руководители: докт. мед. наук А.Ф. Возианов, докт. мед. наук ЛХ.Розенфельд.

Цель и процедура эксперимента:

- разработка новых подходов к изучению механизмов изменения свойств биоминералов организма человека при космических полетах;

- разработка методов и процедур, позволяющих уменьшить деминерализацию костей в условиях микрогравитации.

На космическую орбиту будут выведены крысы, в костях которых предварительно будут созданы парамагнитные маркеры. Планируется провести примерно 15 экспериментов с крысами разного возраста, как в обычном состоянии, так и в условиях центрифугирования. Осуществляется сбор мочи крыс во время их пребывания на орбите.

Эксперимент «Остеопротекция» - Исследование влияния микрогравитации на скелет и протекторного действия подобранных газовых смесей на остеопороз.

Организация: Институт физиологии им. А. А. Богомольца НАН Украины.

Руководитель: д.м.н. В.А. Березовский.

Цель и процедура эксперимента:

- разработка метода профилактики и коррекции нарушений метаболизма костной системы путем использования гипоксической газовой смеси;
- отработка оригинального комплекта аппаратуры, позволяющей создавать дозированную кислородную депривацию на борту космической станции.

Объект исследований - крысы.

Для эксперимента выделяются 4 группы половозрелых крыс, интактные (наземная группа), контрольные (наземная группа), крысы, подвергшиеся микрогравитации на орбите и крысы, подвергшиеся микрогравитации на орбите с применением гипоксической стимуляции. У животных этих групп проводятся анализы крови, мочи и костного вещества с определением его прочности на трехточечных изгибах.

Оборудование

Стандартный биоконтейнер для длительного содержания подопытных животных («Импульс»).

Термостат, поддерживающий 37°C и, желательна, 5% CO₂, («Иммунитет»).

Биоконтейнер животных (крыс), апробированный в экспериментах на орбитальной станции «Мир», биоспутниках серии «Космос». Параметры не указаны, прибор может быть заказан в НПО «Респиратор» (г. Донецк), СКТБ «Биофизприбор» (г. Санкт-Петербург), а также куплен в дальнем зарубежье, например, Animal Enclosure Module (АЕМ), который использовался на «Спейс-Шаттл» (NASA). Биоконтейнер «Type-I/E» или его аналоги для культивирования тканей использовался в экспериментах на борту «Спейс-Шаттл» в миссии IML-1 («Остеогенез»).

Герметически закрытый аквариум с прозрачными стенками объемом 3л. («Регенерация»).

Комплекс антиоксидантов как пищевая добавка («Гомеостаз»).

Культиватор размеры - 300 мм x 200 мм x 200 мм, вес с субстратом - 1 кг. (эксперимент «Олигохета»).

Термостат, пробирки с дрожьюфилами, запасные кормушки с пищей, маломощная центрифуга, небольшие контейнеры для защиты от звука, радиации и вибрации, газоанализатор и компактные наборы для биохимических анализов («Старение»).

Специальные клетки, обеспечивающие транспортировку крыс на орбиту и обратно, а также обеспечивающие поддержание жизни крыс на орбите. Параметры клеток не указаны, они будут аналогичны клеткам, ранее использовавшимся на спутниках серии «Космос» в СССР, «Skylab» в США. Количество клеток будет определяться пространством в модуле, которое будет выделено под описываемые эксперименты. Специальные требования к энергоснабжению эксперимента отсутствуют. Центрифуга, в которую будут помещаться крысы, прошедшие в наземных условиях специальную обработку, приспособление для сбора мочи крыс. Конструкции этих приспособлений будут аналогичны тем, которые ранее использовались в советских и американских экспериментах («Биоминералы»).

Контейнер для крыс, аппарат для генерации гипоксической смеси, состоящий из компрессора (размеры - 600 мм x 330 мм x 450 мм и газоразделительного элемента (размеры - 700 мм x 500 мм x 100 мм), вес установки не более 10 кг («Остеопротекция»).

1. Комплекс экспериментов «Биомедконтроль»

В рамках раздела программы «Разработка космических клеточных биотехнологий, методов космического растениеводства, утилизации отходов и мониторинга окружающей среды» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Дафния» - Дафнии как биотест на общую токсичность и мутагенность объектов окружающей среды на космических станциях.

Организация: Институт проблем природоиспользования и экологии.

Руководитель: к.б.н. К.Я. Моисеенко.

Цель и процедура эксперимента:

- создание на космических станциях системы биологического контроля общей токсичности и мутагенности среды, окружающей космонавтов, воздуха, питьевой и бытовой воды, продуктов питания и напитков, особенно воспроизводимых в условиях космоса, а также биологической активности веществ, получаемых с помощью биотехнологий на орбитальных станциях.

Объект исследований - дафнии (*Daphnia magna Straus*). В основу системы положен оригинальный метод биовозбудимой хемилюминесценции с использованием дафний в качестве биодатчика.

Эксперимент выполняется в два этапа. На первом этапе проводится испытание работоспособности биохемилюминометра и культиватора дафний (5-7 суток в условиях космической станции) и исследование возможного изменения чувствительности дафний как биотеста на общую токсичность и мутагенность (параллельные исследования на станции и на Земле в течение одного месяца).

На втором этапе будут проведены испытания опытного образца прибора с использованием бортового компьютера.

В рамках раздела программы «Продолжительность жизни и старение в условиях микрогравитации; космическая медицина» планируется выполнить следующие эксперименты:

Эксперимент «Теледиagnostика» - Изучение воздействия ионизирующего излучения и других факторов космического полета на организм человека с использованием телемедицинских технологий и компьютерных диагностических систем.

Организация: Научный центр радиационной медицины АМН Украины.

Программа по космической биологии, биотехнологии и медицине

Разделы Программы

1. Биология клетки в условиях микрогравитации; организация цитоскелета, гомеостаз кальция, механизмы гравичувствительности живых систем на клеточном и молекулярном уровнях

Эксперименты

Влияние измененной гравитации на динамику цитоскелета и гомеостаз кальция в гравирецепторных та гравиреагирующих клетках корня "Кальций - Цитоскелет" (Руководитель: Кордюм Е.Л., Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, ул. Терещенковская, 2, 01601 Киев, тел/факс: 38044 2123236, e-mail: ekord%botan.kiev.ua@relay.UA.NET).

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва, Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Институт физиологии растений РАН, Москва

Физико-химические свойства биологических мембран в условиях микрогравитации "Мембраны" (Руководитель: Полулях Ю.А., Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, Терещенковская, 2, 01601 Киев, тел./факс: 38044 2123236, e-mail:ekord%botan.kiev.ua@relay.UA.NET; Пржонська О.В., Институт физики НАН Украины, Проспект Науки, 46, 03039 Киев, тел.: 380442656713, факс: 380442651589, e-mail:

olga@iop.kiev.ua)

Партнеры в России: Институт биохимии РАН, Москва, НИИ физико-химической медицины МЗ РФ, Москва.

Влияние микрогравитации на фотосинтетический процесс «Фотосинтез-1»

(Руководитель: Воловик О. И, Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31\17, 03022 Киев, тел.: 3 80044 2635160, факс: 3 8044 2635150)

Партнеры в России: Московский госуниверситет, физический ф-т, к-ра биофизики, Москва.

Влияние микрогравитации на кислородный фотосинтез "Фотосинтез-2" (Руководитель: Золотарева Е.К., Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, 01601 Киев, ул. Терещенковская, 2, тел.: 38044 2123231, факс: 38044 2123236, e-mail: ezol@botan.kiev.ua)

Партнеры в России: Московский госуниверситет, физический ф-т, к-ра биофизики, Москва, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино на Оке.

Влияние микрогравитации на кинетику и обеспечение ассимилятами меристемы растений "Меристема" (Руководитель: Гродзинский Д.М., Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, 03143 Киев, ул. Заболотного, 148, тел.: 38044 2636167, факс: 38044 2671050, e-mail: dmgrad@ukrpack.net)

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва, Институт физиологии растений РАН, Москва.

Структурно-метаболические аспекты углеводного метаболизма в условиях микрогравитации "Крахмал" (Руководители: Кордюм Е. Л., Недуха ЕМ. Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, 01601 Киев, ул. Терещенковская, 2, тел/факс: 38044 2123236, e-mail: ekord%botan.kiev.ua@relay.UA.NET).

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва, Институт физиологии растений РАН, Москва.

Исследование влияния микрогравитации на регенерационную способность растительных протопластов, рост растяжением и деление культивируемых одиночных клеток "Протопласт" (Руководитель: Климчук ДА., Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, 01601 Киев, вул. Терещенковская, 2, тел/факс: 380442123236, e-mail: ekord%botan.kiev.ua.@relay.UA.NET)

Партнеры в России: Институт физиологии растений РАН, Москва.

Исследование влияния микрогравитации на опухлеобразование у растений с использованием модели индукции корончатоголовых опухолей с помощью *Agrobacterium tumefaciens* "Опухоли растений" (Руководитель: Сарнацкая ВВ. Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, 03022 Киев, ул.Васильковская, 31/17, тел.:38044 2635160, факс: 38044 2635150)

Партнеры в России: Институт физиологии растений РАН, Москва.

Интенсивность перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы растений в условиях микрогравитации "Полак" (Руководитель: Бараненко В.В., Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, 01601 Киев, ул. Терещенковская, 2, тел/факс: 38044 2123236, e-mail: ekord%botan.kiev.ua@relay.UA.NET).

Партнеры в России: Институт физиологии растений РАН, Москва.

Влияние микрогравитации на остеогенез "Облает" (Руководитель: Родионова Н. В., Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины, 01601 Киев, вул. Б.Хмельницкого, 15, тел.: 38044 2259084, факс: 38044 2241569, e-mail: root@iz.freenct.kiev.ua)

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва, Институт биологии развития РАН, Москва.

Регенерация дермоскелета рыб в условиях микрогравитации "Регенерация" (Руководитель: Пегета В.П., Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена, 01601 Киев, ул. Б.Хмельницкого, 15, тел.: 38044 2259084, факс: 38044 2241569, e-mail: root@ix.freenct.kiev.ua)

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических

проблем", Москва, Институт биологии развития РАН, Москва.

2. Биология развития в условиях микрогравитации

Эксперименты

Исследование влияния микрогравитации на вегетативную и генеративную фазы онтогенеза и репродукцию семян у растений "Семя" (Руководители: Кордюм Е. Л., Попова А.Ф., Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, 01601 Киев, ул. Терещенковская, 2, тел./факс: 38044 2123236, e-mail: ekord%botan.kiev.ua@relay.UA.NET).
Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва, Ботанический институт РАН, Сатнк-Петербург.

Рост и морфогенез протонемы мхов в условиях микрогравитации "Протонема" (Руководитель: Демкив О.Т., Институт экологии Карпат НАН Украины, 290026 Львов, ул. Козельницкая, 4, тел./факс: 0322 427430, тел.: 0322 725809, e-mail: ecoinst@instecoc.cscd.lviv.ua)

Партнеры в России: Институт физиологии растений РАН, Москва, Санкт-Петербургский госуниверситет, биологический ф-т, к-ра физиологии растений, Санкт-Петербург.

6. Пребиотический синтез в открытом космосе и экзобиология

Защитные свойства ??? в ???

(Руководитель: ??? ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, 01601 Киев, ??? 2, тел.: 38044 225 4041, факс: 38044 2241064).

Партнеры в России: Ботанический институт РАН, Санкт-Петербург.

8. Космическая медицина

Механизмы изменений свойств биоминералов в условиях микрогравитации и методы уменьшения деминерализации костей космических полетах "Биоминералы" (Руководители: Возианов О.Ф., АМН Украины, Брик О.Б. Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Укрины, 03680 Киев 142, просп. Палладина, 34, тел.: 38044- 4441570, факс: 38044 4441270;

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва.

Исследование влияния микрогравитации на состояние костной ткани и предупреждение ее патологических изменений путем влияния газовых смесей "Остеопротекция" и "Нейропротекция" (Руководитель: Березовский В.Я., Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины и Государственный научно-исследовательский медико-инженерный центр "НОРТ" НАН Украины, 01024 Киев, ул. Богомольца 4, тел\факс: (044) 256-24-77).

Партнеры в России: Государственный научный центр РФ "Институт медико-биологических проблем", Москва.

Психофизиологический мониторинг космонавтов "Комфорт" (Руководитель Кундиев Ю. И., Институт медицины труда АМН Украины, 021033 Киев, ул. Саксаганского, 75, тел.: 38044 2208030, факс: 38044 2206677, e-mail:peter@witte-joh.kiev.ua)

Партнеры в России: Институт биофизики МЗ РФ, Москва, Институт космических исследований РАН, Москва.

THE MAIN DIRECTIONS OF INVESTIGATIONS FOR SPACE BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND MEDICINE IN UKRAINE EXPERIMENTS PROPOSED ON THE UKRAINIAN MODULE TO THE INTERNATIONAL ORBITAL STATION

(Coordinator Elizabeth L. Kordyum)

• **Biology of cells in microgravity; Ca metabolism; investigating of the mechanisms of living system gravisensitivity at the cellular and molecular levels**

1. Experiment "CALCIUM-CYTOSKELETON"

The aim: to elucidate the microgravity effect on calcium metabolism and cytoskeleton in plant cells of different kinds.

Objectives: 1) to determine the intracellular calcium ion concentration in microgravity in the optimal growth conditions and under addition of calcium channel blockers, 2) to study the Ca - ATPase activity in microgravity in optimal growth conditions and under addition of the calcium pump inhibitor, 3) to study the cytoskeleton elements space organization in cells in the optimal growth conditions and under addition of calcium channel blockers, and 4) to investigate the cell ultrastructure under different growth conditions in microgravity.

Objects: root statocytes and rhizoderma, rhizoids, protonemata apical cells, and cell culture.

Methods: light and electron microscopy, cytochemistry, fluorescent microscopy, immunocytochemistry, video registration, morphometry.

Duration: 2-15 days.

Equipment: Biocontainer, Svetoblock, board centrifuge 1 g

Prof. Elizabeth L. Kordyum

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereschenkovskaya str.

252004 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3236

fax: (38 044) 212-3236

e-mail: e.k.@cytol.kiev.ua

Prof. James A. Guikema

Kansas State University

201 Ackert Hall

Manhattan, Kansas 66508-4904

tel.: 913 5325858

fax: 913 532 6653

II.4. SPACE BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND MEDICINE

Kordyum E. L.

*M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2 Tereschenkivska St., Kyiv 01601 Ukraine
tel/fax: (380) + 44 +2123236, e-mail: ekord@botan.kiev.ua*

Introduction. The program on space biology, biotechnology and medicine envisages:

- gaining principally new scientific knowledge about mechanisms of biological effects of micro-gravity on the population, organism, cellular and molecular levels;
- developing concepts on cell gravisensitivity and growth, development, reproduction, and resistance of organisms in microgravity,

It will promote creation of the space cell biotechnology for medicine and agriculture, express-methods for ecological monitoring of the biosphere, as well as development of new technologies for the Controlled Ecological Life-Support Systems (CELSS). These priorities of the program are based on the statement that proliferating and actively metabolising cells are the most sensitive to the influence of microgravity.

According to the conception on gravitational decompensation:

- cytoplasmic membrane is the primary site of the microgravity action;
- changes of the cytoplasmic membrane surface tension under essential lowering or absence of hydrostatic pressure can play an inductor role in modification of membrane's physical-chemical properties.

These changes modify membrane's permeability and receptors' functioning, as well as activity of membrane-bound enzymes, that, in its turn, leads to further metabolism changes resulting in physiological responses of cells and organisms to the microgravity action. A considerable attention is paid to space medicine directed to protection of human health, improvement of the quality and duration of the astronauts' life in a long-term space flight.

Space biology and medicine are the most important in the system of space sciences. Studying the biological effects of space flight factors, especially of microgravity and heavy charged space particles, the space biology obtains principally new scientific knowledge for solving fundamental problems of modern biology, namely:

- role of gravity in vital activity of organisms on Earth;
- influence of microgravity at the organism. cellular and molecular levels;
- establishment of the range of damage effects of heavy charged particles and ways of their reparation:
- working out the CELSS in long-term space flights and prediction of their functioning;
- development of the cell biotechnology in space.

During the last 25 years, complex research of bacteria, lower and higher plants, animal and plant organ, tissue and cell cultures has been performed on board the biosatellites, spaceships and orbital stations. It was conducted by the cytological, biochemical, biophysical and molecular-biological methods. Electron microscopic method was used in Ukraine for the first time in the world for evaluation of the influence of space flight factors on cells. As a result of this integrated research, the following conclusions have been made:

- lower and higher plants grow and develop in microgravity during a certain time;
- morphogenesis, division and differentiation of cells occur without essential deviations from the norm under microgravity;
- microgravity has an essential effect on cell metabolism; modifications of metabolism are reflected as rearrangements of cell ultrastructure, i. e.. the cell is sensitive to gravity;
- microgravity upsets the intracellular calcium balance;
- changes in metabolism under microgravity lead to acceleration of cell differentiation and ageing;
- microgravity belongs to such alteration factors, which do not prevent the adaptive reactions at the cellular and organism levels in the range of physiological response, i. e.. within the scope of genetically determined program of ontogenesis.

The following directions of contemporary space life sciences should to be noted: 1) gravitational biology, 2) radiation biology, 3) planetary biology and prebiotic synthesis, and 4) natural and artificial ecosystems. The principal investigations of Ukrainian space biologists have been carried out in the field of gravitational biology. For this reason, a significant number of biological experiments on board the URM are intended to verify the conceptual ideas of Ukrainian scientists in this field. New methodological approaches to performance of the space and ground-based experiments with clinostats and centrifuges are considered as well.

Experiments proposed in the field of life sciences on board the URM are arranged in accordance with divisions of the Program and are presented below.

Division 1

BIOLOGY OF A CELL UNDER MICROGRAVITY; CYTOSKELETON ARRANGEMENT, CALCIUM HOMEOSTASIS, MECHANISMS OF GRAVISENSITIVITY OF LIVING SYSTEMS AT THE CELLULAR AND MOLECULAR LEVELS («Biolaboratory» Project)

Kordyum E. L.

*M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2 Tereshchenkivsha St., Kyiv 01601 Ukraine
tel/fax: (380) + 44 +2123236, e-mail: ekord@botan.kiev.ua*

Introduction. A discovery of cell gravisensitivity, including plants, has attracted attention to elucidation of the mechanisms of biological effects of microgravity at the cellular, subcellular and molecular levels and understanding how organisms grow, develop and reproduce in the absence of gravity. The conception, which consists in that proliferating and actively metabolizing cells are the most sensitive to the influence of altered gravity, has been assumed proceeding from experimental data on the changes in cell metabolism under microgravity. Simultaneously, this conception propounds the following questions. What are the primary events underlying metabolism changes under microgravity? What are the second messengers taking part in transfer of the primary signals of microgravity? Does the gene expression undergo changes in microgravity? What peculiarities of cell metabolism regulation can be present in microgravity? Why the carbohydrate and lipid metabolism is the most sensitive to the influence of microgravity? Do the parameters of a cell cycle and proliferation activity change in microgravity? How are the changes in metabolism under microgravity integrated into physiological responses in the cells of different types connected directly with realization of their functions?

Trying to provide answers to these questions, a hypothesis of gravitational decompensation was assumed. According to this hypothesis, a change in the surface tension of the cytoplasmic membrane can play an inductor role in rearrangements of its physical-chemical properties under reduction or absence of hydrostatic pressure. The effect of such an inductor increases owing to its heterogeneity over the length of the cytoplasmic membrane. In the gravitational field, the surface tension and gravitational force are summed up, if they act in the same direction and are subtracted if their directions are opposite. In the absence of gravity, only the surface tension is present (gravitational decompensation). Under the conditions of a clinostat, the resulting action of these two forces is continuously changed in each point of the membrane. The rearrangements in the physical-chemical properties of the cytoplasmic membrane underlie the changes in its permeability, receptors' functioning, membrane-bound enzyme activity. This, in its turn, leads to the subsequent metabolism changes, eventually resulting in physiological responses of cells and organisms to the influence of microgravity. New approaches concerning the ion and water transport examination under microgravity are revealed, due to the currently available data on the presence of mechanically-sensitive calcium channels and highly selective water channels (proteins-aquaporins) in the cytoplasmic membrane. Investigations of the topography of cytoskeleton elements as a supportively motive apparatus are directed to clarifying the role of cytoskeleton (tubulin microtubules and actin microfilament complexes) in cell responses to the influence of micro-gravity.

Comprehension of mechanisms of pathological changes in excitable cells (nervous and endocrinal) at the subcellular and molecular levels in a space flight, will contribute to a more profound understanding of rearrangements of the physiological processes, which arise in mammals under these conditions. It will also facilitate working out prophylactic recommendations and pharmacological preparations for prevention of pathological changes in human health.

A decrease in bone minerals content in astronauts during the space flight has been established, as well as a tendency to redistribution of mineral substances in the skeleton. The experiments with mammals and birds gave evidence of a reduction in the intensity of growth and osteoplastic processes in skeleton bones, as well as of a loss of bone mass and osteoporosis. So, study of structural and metabolic rearrangements in bone tissue cells, will require further examination of cytological mechanisms of gravi-dependent changes in developing and mature bone skeleton under microgravity.

Study of the influence of microgravity on the immune system of the astronauts and test animals has shown a depletion of immune cells and lowering of the general competence of the immune system. At the same time, it remains unknown, what stages of an immune response that is a complex process, are the most sensitive to microgravity. Revealing the stages of an immune response is planned to be carried out on test animals in vivo and with utilization of cell cultures in vitro.

Diverse model systems were chosen for study of the influence of microgravity at the cellular and molecular levels. Among them are the artificial phospholipid (liposomes) and biological membranes; tip-growing plant cells; photosynthetic cells and photosynthesis process; endocrine cells of different types; neurites and their growth; isolated central and peripheral neurons and their maturing; unicellular and coenobial algae; moss protonema; annual higher plants and small animals; tumor cells of plant and animal origin; proliferation and differentiation processes of transformed nervous cells induced by the nervous growth factor, as well as crown galls induced by *Agrobacterium tumefaciens*, processes of their induction and efficiency of anti-tumor preparations.

«Calcium-cytoskeleton» Experiment

IMPACT OF ALTERED GRAVITY ON THE CYTOSKELETON DYNAMICS AND CALCIUM HOMEOSTASIS DURING DEVELOPMENT

OF GRAVIPERCEIVING AND GRAVIRESPONDING ROOT CELLS

Kordyum E. L.

*M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2 Tereschenkivska St., Kyiv 01601 Ukraine
tel./fax: (380) + 44 +2123236, e-mail: ekord@botan.kiev.ua*

Research on development and functioning of plant cells in altered gravity is proposed. The following objectives are to be achieved:

— to locate the cytoskeleton arrangement during development of graviperceiving (root cap) and graviresponding (epidermis and cortex) cells under altered gravity (actin, tubulin and myosin components of cytoskeleton);

— to study the calcium homeostasis in graviperceiving and graviresponding cells during their development and to define the role of calcium ions in specification of these cells;

— to establish the impact of altered gravity on the cytoskeletal protein genes expression during development of graviperceiving and graviresponding root cells:

To met these objectives, the following methods will be applied: electron, light and fluorescent microscopy, dot and in situ hybridization techniques, immunohistochemistry and fluorescent dyes staining.

This research will be carried out for the first time. The intent is to obtain comparative characteristics of cytoskeleton arrangements in two cell lines originating from two different types of root meristem (root cap meristem and apical root meristem, accordingly). It will be important for establishment of the role of cytoskeleton in histogenesis of graviperceiving and graviresponding root sites and, consequently, in the process of gravisensing. Study of calcium homeostasis during the specification of graviperceiving and graviresponding plant cells, as well as study of expression of cytoskeleton genes will promote the definition of the signal-transducing pathway for gravity in plant roots.

«Membranes» Experiment

PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL MEMBRANES UNDER MICROGRAVITY

Polulyakh Yu. A.

*M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2 Tereschenkivska St., Kyiv 01601 Ukraine
tel/fax: (380) + 44 +2123236, e-mail: ekord@botan.kiev.ua*

Przhonska O. V.

*Institute of Physics, NAS of Ukraine
46 Nauky Ave., Kyiv 03039 Ukraine
tel: (380) +44 +2656713, fax (380) +44 +2651589, e-mail: olga@iop.kiev.ua*

The experiment is aimed at performance of complex investigations of physical and chemical properties of the cytoplasmic membrane of plant cells at the molecular level under altered gravity and understanding the mechanisms supporting its microviscosity within certain limits under altered gravity, i. e., homeoviscous adaptation of plant cells to altered gravity.

The main objectives are the following:

— to develop a new method of fluorescence probes, which will allow measurement of (he

dynamic changes in microviscosity of the model and native biomembranes;

— to develop new highly sensitive and specific fluorescence probe-molecules for their incorporation into biomembranes;

— to develop a special and original mini-device for measuring microviscosity on board the space station;

— to work out procedures of recurrent measurement of biomembrane's microviscosity during a space flight according to a special program;

The methods of ultracentrifugation, extraction, fractionating, thin-layer chromatography, gas-liquid Chromatography, and modified fluorescence probes will be used. The results obtained will promote an understanding of the physical-chemical properties of biomembranes under altered gravity, and the mechanisms of homeoviscous adaptation of plant cells to microgravity.

Kiev, 252601, Ukraine

tel.: (38 044) 293-2909

fax: (38 044) 293-6458

e-mail: elena@serv.biph.serv.kiev.ua

30. Experiment "TRANSFORMED ENDOCRINE CELLS"

The aim: to investigate morphology and proliferative properties of cultured endocrine cell lines of neuronal origin in microgravity.

Objectives: to determine the presence of changes in 1) morphology and proliferation of tumor neuroendocrine cells induced by microgravity, 2) the process of differentiation induced by neurite growth factors in transformed cells in microgravity, 3) sensitivity of different endocrine cell lines to microgravity; to establish the presence of changes in secretory function of differentiated cells from cell lines in microgravity.

Objects: transformed cell lines of neuroendocrine origin (PC 12 and GH3 cell lines).

Methods: cell culturing, microphotography, computer image analysis, electron microscopy, electrophysiology combined with calcium microfluorometry, capacitance measurements and electrochemistry, immunocytochemistry.

Duration: 1-2 weeks

Equipment: Bioincubator "Biobox", inverted microscope, software for image grabbing and storing.

Prof. Platon G. Kostyuk

National Academy of Sciences of Ukraine

Bogomolets Institute of Physiology

4 Bogomolets str.

Kiev, 252601, Ukraine

tel.: (38 044) 293-2909

fax: (38 044) 293-6458

e-mail: elena@serv.biph.serv.kiev.ua

31. Experiment "IMMUNE RESPONSE: PREIMUNNE EXPOSURE".

The aim: to study the immune response of animals subjected to the effect of space flight factors prior to immunization.

Objectives: to expose animals to the effect of space flight factors for a short period (7, 10 or 14 days) and then to study their immune responses to either soluble or particular antigen. The

2. Experiment "BIOMEMBRANES"

The aim: to investigate the mechanisms of changes in structural and functional organization of plasma membranes of plant cells on molecular level under the influence of microgravity.

Objectives: to develop a new method based on fluorescence probe technique, which will allow to measure the dynamic changes in microviscosity of model and native biomembranes at different stages of space flight: from the earth gravity to microgravity during space flight and back to normal earth conditions. For the first time we are planning to perform these measurements on the board of orbit space station using an original mini-device.

To develop new highly sensitive and specific fluorescence probe molecules for incorporation into biomembranes. These fluorescence probes are based on unsymmetric polymethine dyes with the absorption and fluorescence bands in near infrared region, which reduce essentially the scattering and auto-fluorescence of biological matter.

To develop a special and original mini-device for measuring of microviscosity on the board of orbit space station. The main advantages of this device are simplicity in operation, portability, pocket-size, weight not more than 1 kg and small sensitivity to vibrations.

To perform an experimental research of biomembranes microviscosity periodically during space flight according to a special program.

Objects: artificial and native (the cytoplasmic membrane of pea root cells) membranes

Methods: preparation and investigation of biomembranes in earth conditions: ultracentrifugation, extraction, fractioning, thin-layer chromatography, gas-liquid chromatography, fluorescent probes; modified fluorescence probe method in orbit.

Equipment: Board greenhouse, fluorescent mini-device, board centrifuge lg

Duration: periodically during space flight (3-8 days)

Yuli A. Polulyakh

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereschenkivska str.

252004 Kiev, Ukraine.

tel: (38-044)212-3236

fax: (38-044) 212-3236

e-mail: inst%botan.kiev.ua@realy.ua.net

3. Experiment "MICROVISCOSITY"

The aim: complex investigations of physical and chemical properties of the cytoplasmic membrane of plant cells at the molecular level and mechanisms supporting its microviscosity within certain limits, i.e. homeoviscous adaptation of plant cells to microgravity.

Objectives: to study microviscosity indices, lipid and fatty acids in cell membranes by using a special original mini-device and newly synthesized probe molecules for more precise and objective measurement of microviscosity.

Objects: the cytoplasmic membrane of root cells of pea seedlings.

Methods: ultracentrifugation, extraction, fractionation, thin-layer chromatography, gas-liquid chromatography. Modified fluorescence probe method.

Equipment: Board greenhouse, special mini-device.

Duration: periodically during space flight (7-8 days)

Yuli A. Polulyakh

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereschenkivska str.

252004 Kiev, Ukraine.

tel: (38 044) 212-3236

fax:(38 044) 212-3236

e-mail: inst%botan.kiev.ua@realy.ua.net

4. Experiment. "LIPOSOMES"

The aim: investigation of microgravity influence on physical and chemical properties of phospholipid membranes.

Objective: application of artificial phospholipid vesicles (liposomes) as model of biological membranes for research of a lipid bilayer state is planned.

Interaction of liposomes with ribosomes, process of liposomes fusion and binding liposomes with various proteins and protein precursors will be studied.

Methods: fluorescent probe will be used to study the interaction liposomes with ribosomes and the process of liposomes fusion. To investigate the process of proteins-liposomes binding

radiolabelled proteins or protein precursors will be used.

Objects: the phospholipid membranes.

Duration: not more than one hour.

Equipment: capacity of small volume for transportation on a board conserved probes and storage of received preparations.

Dr. Nina H. Himmelreich,

Institute of Biochemistry

National Academy Sciences of Ukraine

9 Leontovich str.

252030 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 224-3254, (38 044) 224-1265

fax: (38 044) 229-6365,

e-mail: tborisov@paladin.biochem.kiev.ua

5. Experiment "SECOND MESSENGER"

The aim: to understand the role of second messenger (cAMP, Ca²⁺ – calmodulin) in plant cell responses to microgravity. Second messengers – cAMP and Ca²⁺ – calmodulin responses to the action of external signals (phytohormones, temperature and light) are universal and consisted in activation of membrane enzymes – adenylatecyclase or phosphodiesterase (PDE) sensible to methylxantines, cytokinines or Ca²⁺ – calmodulin. The changes of physiological state of plant cells, the growth activity of plant organism and its resistance to unfavourable environment depend on the activation of these enzymes.

Objectives: to investigate: 1) cAMP level in plant cells in microgravity conditions, 2) the changes in PDE characteristics induced by Ca²⁺ – calmodulin, phytohormones and other allosteric regulators in microgravity, 3) mechanisms of cAMP metabolism enzymes activation in microgravity (with the use of adenylatecyclase system modulators and Ca²⁺- antagonists), 4) the functional relations between cAMP system and Ca²⁺ ions in microgravity.

Objects: wheat and rye seedlings, Jerusalem artichoke storage tissue explains.

Methods: HPLC, ion - exchange and thin-layer chromatography, spectrodensitometry, and radiometric

Duration: 2 months.

Equipment: Biobox produced by ESA, Board green house (Ukraine or USA)

D.Sc. Victoriya K.Yavorska

Institute of Plant Physiology and Genetics

National Academy of Sciences of Ukraine

31/17 Vasylykivska str.

152022 Kiev, Ukraine

tel /fax: (38 044) 264-5658

6. Experiment "PLANT PHOSPHOINOSITIDES"

The aim: to understand the role of phosphoinositide system and calcium-dependent protein phosphorylation in plant cell responses to microgravity.

A wide range of biochemical responses of plants to changed environmental conditions have been documented. These involve changes in gene expression, protein content, metabolic modification and the membrane structure. The mechanisms by which such signals are perceived and converted into responses are currently poorly understood. However, there are several lines of evidence to suggest that the phosphoinositide system is directly involved in the transduction of stress signals into cellular reactions in both mammalian and plant cells.

Objectives: to investigate: 1) the turnover of phosphoinositides in microgravity, 2) the turnover of inositol phosphates, 3) the activity of phosphatidylinositol kinase, phosphatidylinositol monophosphate kinase and diacylglycerol kinase in the cytoskeleton fraction in microgravity conditions.

Objects: wheat and rye seedlings.

Methods: HPLC, anion exchange chromatography and thin-layer chromatography, 2-

dimensional SDS-PAGE, SDS-PAGE and immunoblotting.

Duration: from 1 till 4 weeks

Equipment: Svetoblock (Ukraine), Board greenhouse (Ukraine or USA)

Vladimir S. Kravets

Institute of Plant Physiology and Genetics

National Academy of Science of Ukraine,

31/17 Vasylykivska str.

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 263-3108

tel./fax: (38 044) 263-5150

e-mail: KVS@ifrg.freenet.kiev.ua

7. Experiment "PHOTOSYNTHESIS"

The aim: to reveal various extent of sensitivity of photosynthetic apparatus to microgravity for plants of various stages of vegetation under conditions with different accumulation of stressor acting.

Our preliminary data (clinostated Arabidopsis plants and microgravity influenced Brassica rapa plants obtained in CUE) permit to suppose that altered gravitation induces the greatest changes in photosynthetic apparatus for plants in the reproductive phase of vegetation. These experiments should be repeated using CUE experience concerning plant cultivation. In particular it needs to be elucidated if accumulation of microgravity action is the reason for higher sensitivity of the reproductive phase.

Objectives: sending to the orbital station the plants of various age and with different duration of vegetation period. The chambers with seeds for growing the same plants in the space during the life cycle have to be sent as well. To measure 1) the content of chlorophyll, total nitrogen and water in leaves of plants using the reflectance spectra, 2) photosynthesis activity using induction fluorescence curves; 3) structural characteristics of photosynthetic apparatus using electron microscopy methods.

Objects: wheat, Arabidopsis thaliana, Brassica rapa

Equipment: 1) the apparatus which will be developed jointly by Ukrainian (Prof. S.M.Kochubey, Institute of Plant Physiology and Genetics) and American (Prof. C.R.Boslater, Florida Institute of Technology and Dr.C.Hall, Dynamac Corporation KSC) scientists; 2) the fluorometer of Opti-Sciences production. Measurements of point N3 is planned to be performed in cooperation with Prof. J.Guikema (Kansas university USA) and Prof. P.Chitnis (Iowa university USA).

Svellana M. Kochubey

Institute of Plant Physiology and Genetics,

National Academy of Sciences of Ukraine

fax: (38 044)263-5150

e-mail: smk@ifrg.freenet.kiev.ua

8. Experiment "CHLOROPHYLL BIOSYNTHESIS"

The aim: to research peculiarities of primary stages of chlorophyll biosynthesis and chloroplast development under microgravity conditions.

Objectives: 1) to characterise the main intermediates of chlorophyll biosynthesis pathway (CBP) in dark and light germinated seedlings under microgravity conditions; 2) to perform comparative analysis of the composition of chlorophylls and chlorophyll precursors in etiolated, greening and green plants grown on the board of the space station; 3) to estimate the activities of some key enzymes of the chlorophyll biosynthesis; and to study the ultrastructure of etiolated and greening cells on the various stages of the greening process to determine peculiarities of chloroplast development under space conditions.

Methods: spectrophotometry; paper-, thin-layer-chromatography (TLC); HPLC; light- and electron microscopy; enzymatic and biochemical methods.

Objects: etiolated, greening and green barley seedlings.

Duration: 3-4 weeks

Equipment: Board greenhouse.

D.Ph. Alexander A. Sivash

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkivska str.

252001 Kiev, Ukraine

tel: (38 044) 212-323 I

fax: (38 044) 212-3236

e-mail ezol@botan.kiev.ua

9. Experiment "CONTROL OF PHOTOSYNTHESIS"

The aim: to determine vulnerable points of the photosynthetic electron transfer in microgravity and to investigate the role of individual components of the thylakoid membrane in the regulation of whole electron transfer chain.

Objectives: 1) to investigate effect of inhibitors on electron transfer rate in the reaction H_2O melhylvtotegen., which inhibit electron transfer at the level of the water splitting apparatus, the Q_B protein, the plastoquinone pool, the cytochrome f/b_6 , and plastocyanine, respectively; 2) to study the effect of the inhibitors on the partial photochemical reactions; 3) to investigate alteration of the electron transfer rates on the PSI and PSII levels in the process of phosphorylation of pigment-protein complexes of chloroplasts.

Objects: pea or soybean seedlings and plants

Methods: spectrophotometry, bioluminescent method, polarography, enzymatic and biochemical methods.

Duration: 2-3 weeks

Equipment: Board greenhouse

D.Ph. Olga I. Volovik

Institute of Plant Physiology and Genetics

National Academy of Sciences of Ukraine

31/17 Vasilkovskaya str.

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 263-5160

fax: (38 044) 263-5150

e-mail: postmaster@ligazap.kiev.ua

10. Experiment "PHOTOSYNTHESIS EFFICIENCY"

The aim: to study efficiency of photosynthetic electron transfer and ATP/NADPH₂ pool formation and to investigate accumulation of ATP and NADPH₂ in the whole cell as the substances which are sources of energy and reducing equivalents in the dark metabolism.

Objectives: 1) to research coupled and uncoupled electron transfer rates in the photochemical reactions, 2) to study the rates of ATP and NADPH₂ synthesis in the reaction coupled with photophosphorylation; 3) to determine the phosphate and adenylate potentials.

Objects: pea and soybean seedlings and plants

Methods: spectrophotometry, bioluminescent method, polarography, enzymatic and biochemical methods.

Duration: 3-4 weeks

Equipment: Board greenhouse

D.Ph. Olga I. Volovik

Institute of Plant Physiology and Genetics

National Academy of Sciences of Ukraine

31/17 Vasilkovskaya str.

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 263-5160

fax:(38 044)263-5150

email: postmaster@ligazap.kiev.ua

11. Experiment "MANGANESE CLUSTER"

The aim: to study structural changes in manganese cluster of oxygen-evolving complex of plant grown under space flight conditions.

Objectives: 1) to prepare PS II particles with high oxygen-evolving activity as well as PS II particles depleted peripheral polypeptides and loosely bound manganese; 2) to carry out power-saturation analysis of the untreated PS II particles and particles depleted extrinsic polypeptides and partially depleted manganese; 3) to investigate EPR signal spectra under illumination of the PS II preparation at 200 K.

Methods: EPR spectrometry, polarography, spectrophotometry, enzymatic and biochemical methods.

Objects: leaves of control and grown in microgravity plants (pea or soybean), from which chloroplasts and oxygen-evolving PS II particles will be isolated.

Duration: 3-4 weeks

Equipment: Board greenhouse

D.Ph. Elena K. Zolotareva

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkovskaya str.

252001 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3231

fax: (38 044) 212-3236

e-mail: ezol@botan.kiev.ua

Desirable USA collaborator: Prof. G. Charles Dismukes, Dept of Chemistry, Frick Chemical laboratory, Princeton Univ., Princeton NJ 08544; e-mail: dismukes@princeton.edu

12. Experiment "OXYGEN EVOLVING COMPLEX"

The aim: to study the influence of microgravity on structural and functional characteristics of the oxygen-evolving complex (OEC) of chloroplasts.

Objectives: 1) to isolate Photosystem II (PS II) particles from chloroplasts, which will be extracted from plants grown in the space and to estimate oxygen evolving activity of the PS II particles using Clark-type electrode and phenyl-p-benzoquinone as electron acceptor; 2) to perform spectroscopic analysis of the PS II particles; 3) to determine manganese and calcium content using EPR spectrometry and fluorescent Ca probe, correspondingly; 3) to compare polypeptide composition and the functional role of three peripheral polypeptides with molecular masses 33, 24 and 18 kDa in the process of the oxygen evolution in plants grown on the board of space station.

Methods: biochemical methods for PS II particles preparation; SDS-gel electrophoresis; spectrometry; EPR spectrometry; fluorescent and EPR spectrometry, polarography, spectrophotometry, enzymatic and spectrometry; amperometry.

Objects: pea or soybean seedlings and plants

Duration: 3-4 weeks.

Equipment: Board greenhouse.

D.Ph. Elena K. Zolotareva

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine Ukraine

2 Tereshchenkovskaya str.

252001 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3231

fax: (38 044)212-3236

e-mail: ezol@botan.kiev.ua

Desirable USA collaborator: Prof Richard A. Dilley
Biological Sciences; Purdue University; West Lafayette, IN 47907

tel.: (317) 494-4955;
e-mail: ddilley@bilbo.bio.purdue.edu
13. Experiment: "Protective system"

The aim: to study the influence of microgravity on development of protective system directed on deactivation of highly toxic oxygen species in leaves.

Objectives: 1) to determine: the content of ascorbate and dehydroascorbate and glutathione in leaves as components of nonenzymatic defence system of plants as components of nonenzymatic defence system from oxydative stress; accumulation of vitamin E in leaves; the activities of catalase, superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, monodehydroascorbate reductase and dihydroascorbate reductase as main components of enzymatic protective system from oxydative stress; the content and composition of carotenoids in leaves.

Methods: biochemical and enzymatic methods;; electrophoresis;, spectrophotometry, TLC and HPLC.

Objects: leaves of pea or soybean plants

Duration: 4 - 5 weeks

Equipment: Board greenhouse

D.Ph. Alexander F. Tereshchenko

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkovskaya str.

252001 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3231

fax: (38 044) 212-3236

e-mail: ezol@botan.kiev.ua

14. Experiment "STOMATA"

The aim: to investigate the microgravity effects on exchange, stomata conductance, transpiration and CO₂ fixation, as well as a correlation between starch content and stomatal opening.

Objectives: 1) to measure periodically gas exchange and transpiration of intact plants of different stages of development on a board of the station by compact CO₂/HO₂ porometer; 2) to study microscopic construction of the leaves (histological structure, form, size and the number of cells of different types) and the ultrastructure of surface of the leaf plates; 3) to determine stomata density and size and to compare starch content and level of stomata opening under illumination and in the dark on the basis of ultrastructural investigations; 4) to determine the Rubisco activity and the rates of photochemical reaction of photosystems I and II of postflight plants.

Objects: leaves of pea or soybean plants

Methods: spectrophotometry, radioisotopic method, polarography, light and electron microscopy.

Duration: 3-4weeks

Equipment: Board greenhouse, compact CO₂/HO₂ porometer situated on the board green house.

D.Ph. Sergei K. Sytnik

Institute of Plant Physiology and Genetics

National Academy of Sciences of Ukraine

31/17 Vassil'kovskaya str.

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 263-5160

fax: (38 044) 263-5150

e-mail: postmaster@ligazap.kiev.ua

15. Experiment "ETHYLENE-ABA"

The aim: to value the role of ethylene evolution from plant tissue and endogenous abscisic acid levels in biological effects of microgravity.

The idea of this research is based on our proposition that ethylene can be formed in stressful conditions by alternatively pathways, and it acts **as a** free radical agent while abscisic acid has been accepted as an important antioxidant factor in large number of environmental biotic and abiotic stresses, but the precise function in these processes is still a matter of debate. We have proposed that during induced stress conditions, ABA can detoxify free radicals (including lipid peroxides) by forming (1) longer-living adducts with them or (2) chemically inert substances that can be essential in the resistance of plants to the influence of microgravity.

Objectives: to detect: 1) the contamination of ethylene in the tubes, 2) ABA endogenous level and 3) lipid peroxidation intensity.

Objects: seeds and seedlings of onion (*Allium cepa* L.)

Methods: lipid peroxidation intensity will be determined by thiobarbiturate method and the malonaldehyde thiobarbiturate adduct spectro-photometrically; the fatty acid methyl ester composition will be analysed by GC and endogenous ABA concentration by HPLC and GC.

Duration: 1 month

Equipment: Svetoblock (Ukraine)

D. Ph. Bogdan Kurchii

Institute of Plant Physiology and Genetics,

National Academy of Sciences,

31/17 Vasylykivska str.

252022 Kiev, Ukraine

e-mail: kba@ifrg.freenet.kiev.ua

16. Experiment "MERISTEM"

The aim: To understand the peculiarities of meristem activity in microgravity.

Objectives: 1) to study the induction of anabiosis and awoking in microgravity, 2) to determine the dynamics of proliferative activity of meristem, 3) to investigate the parameters of the cell cycle.

Objects: *Spirodela polyrrhiza* turions and roots of cress and pea seedlings.

Methods: light and electron microscopy, cytophotometry, fluorescent microscopy, morphometry.

Duration: 1 - 5 weeks

Equipment: Biocontainer, Svetoblock, board centrifuge lg

Prof. Dmitrii M. Grodzinsky

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering

National Academy of Sciences of Ukraine

148 Zabolotnogo str.

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 252-1787

fax: (38 044) 252-1786

17. Experiment "Starch"

The aim: to elucidate the peculiarities of carbohydrate metabolism at the structural and biochemical levels in microgravity. In 1992 year, we have shown the possibility of potato minituber formation in microgravity and proposed this new convenient model system for studying carbohydrate metabolism in microgravity for understanding its peculiarities in space flight and an evaluation of starch quality in plant storage tissues.

Objectives: to investigate 1) minituber formation in space experiments of different duration (the preparatory period for minituber formation will pass on earth and in space flight), 2) morphological and anatomical characteristics of minitubers, 3) the ultrastructure of storage parenchyma cells, 4) starch content and composition, and 5) activity of enzymes of starch synthesis and hydrolysis. Obtaining the second and the next generations of potato plants with tubers in microgravity (vegetative propagation) is also planned.

Objects: potato (*Solanum tuberosum* L.) miniplants and explants.

Methods: organ and tissue culture, light and electron microscopy, morphometry, histochemistry, immunocytochemistry, biochemistry.

Duration: from 1 till 14 weeks
Equipment: “Svetoblock”, “Biocontainer”
Prof. Elizabeth L. Kordyum
Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska str.
252004 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 212-3236
fax: (38 044) 212-3236
e-mail: ekord.botan.kiev.ua@relay.UA.NET
D.Ph. Cristopher S. Brown
Dynamac Corporation
Durham, NC 27713, USA
18. Experiment “Spirulina ultrastructure”

The aim: to study microgravity effects on the structure of cyanobacterium *Spirulina platensis* Nordst Geit and on ultrastructure of its cells. It is known that Spirulina cells form trichome of spiral shape which can be straitened in some environmental conditions. Spirulina cells contain a large amount of gas vacuoles - organelles filled by CO₂ and other gases, physiological role of which is proposed to take part in adaptation of the cyanobacterium to variation in light regime and nutrients availability.

Objectives: 1) to investigate trichomes and ultrastructural organization of Spirulina cells; 2) to determine the amount of gas vacuoles in Spirulina cells grown in the media with different levels of bicarbonate.

Methods: algological methods of supporting pure culture and microalga cultivation, methods of light and electron microscopy and histochemistry.

Objects: culture of cyanobacterium *Spirulina platensis* Nordst Geitl

Duration: 3-4 weeks

Equipment: Board cultivator and fixative device.

D.Ph. Alexander F. Tereshchenko
Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska str.
252001 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 212-3231
fax: (38 044) 212-3236
e-mail: ezol@botan.kiev.ua

19. Experiment “CLOSTERIUM”

The aim: to elucidate an influence of microgravity on morphological and cytological peculiarities of unicellular and coenobial (colonial) green algae with lunate-like and hexa- or pentagonal cells.

Objectives: to study 1) morphology of algal cells and the ultrastructure of their organelles (nucleus, nucleolus, vacuoles, chloroplasts, pyrenoids, peroxisomes, mitochondria, endoplasmic reticulum), 2) cytokinesis, 3) cell wall formation, and 4) the reproduction (zygote formation).

Objects: Closterium ehrenbergii (Breb.) Menegh., unicellular alga being the object for studying on algal polyploidy, having a sexual process it forms a zygosporangium, its biomass is the source for obtaining penicillin-type antibiotics. Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh., coenobial (colonial) alga with specific cell shape and wall structure, and cytological peculiarities; it is the potential object for biotechnology.

Methods: alga culture, light microscopy, including luminescent one, scanning and transmission electron microscopy.

Duration: from 2 till 23 days.

Equipment: Svetoblock (Ukraine), board centrifuge 1 g

D.Sc. Peter M. Tsarenko
Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereschenkovskaya str.
252004 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 224-2289
fax: (38 044) 224-1064
e-mail: swasser@botan.kiev.ua

20. Experiment "POLYMORPHISM"

The aim: to elucidate the influence of microgravity on morphology, growth, viability and cytokinesis in coenobial (colonial) green algae with cylindrical-oval cells.

Objectives: to investigate: 1) growth of algae in microgravity, 2) viability of algal cells, 3) sporogenesis, 4) the polymorphism of external morphological structures (the presence of spines, teeth, ribs and levels of their development), 5) the cell ultrastructure.

Objects: *Scenedesmus armatus* (Chod.) Chod., polymorphic species, the exceptional object of biotechnology for obtaining bioactive and vitamin-protein substances; it is characterised with sexual reproduction with autospores.

Methods: alga culture, light microscopy, including luminescent one; scanning and transmission electron microscopy.

Duration: from 2 till 23 days.

Equipment: Svetoblock, board centrifuge 1 g

D.Sc. Peter M. Tsarenko
Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereschenkovskaya str.
252004 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 224-2289
fax: (38 044) 224-1064
e-mail: swasser@botan.kiev.ua

21. Experiment "PLANT TUMORS"

The aim: to investigate the induction and development of tumors in microgravity using a model of crown gall induction with *Agrobacterium tumefaciens* on explants of the plant storage tissue. As this model also is used for screening of antitumor preparations and for the investigation of mode of their action, the effect of antitumor substances affected the nuclei or cell membranes will be investigated in microgravity.

Objectives: to study 1) microgravity effect on tumor induction and development on primary explants of storage tissues, 2) the relation between the efficiency of the process of tumor induction, cell metabolism (pathogenesis related proteins formation and role of calcium ions in enzyme activity), 3) the efficiency of antitumor substances in microgravity.

Objects: cultured in vitro normal and inoculated with *Agrobacterium tumefaciens* explants of storage tissue of potato and Jerusalem artichoke and callus cultures (normal and tumorous) of tobacco.

Methods: tissue culture, evaluation of crown gall tumors induction and development, cytological (mitotic and proliferative activity with the use of labelled precursors of DNA) and biochemical (column chromatography and electrophoresis of PR-proteins).

Duration: 21 days

Equipment: "Biobox" produces by ESA

D.Sc. Veresa .V. Sarnatska
Institute of Plant Physiology and Genetics
National Academy of Sciences of Ukraine
Vasylykivska str. 31/17
252022 Kyiv, Ukraine

tel/fax: (38 044) 264-5658

22. Experiment "GENE EXPRESSION"

The aim: to examine plant tissues for the products of genes taking part in the protective functions and/or in the regulation of cell cycle

Objectives: to investigate: 1) the cellular content and distribution of proteins and specific RNAs or RNPs corresponding to various types of stress-related genes and various cyclin genes; 2) the cellular distribution and activity of various components of protein-synthesizing apparatus.

Objects: soybean and pea seedlings

Duration: 1-2 months

For living organisms there are much evidences that gravity changes are sensed by a cell like an extreme factor (producing a shock effect). It is suggested that changes in gene expression can also ensure an adaptation to microgravity by production of proteins able to protect important cell structures from damages (like "heat-shock" proteins) or to change the rate of cell cycle progression (like cellular protooncogenes or cyclins).

Methods: protein electrophoresis in polyacrylamide gels; RNA electrophoresis in agarose gel; Northern blot-hybridization with specific labelled DNA probes; ultracentrifugation for RNP separation.

Equipment: the Board greenhouse

D.Ph. Victor I. Prima

Institute of Molecular Biology and Genetics

National Academy of Sciences of Ukraine

150 Zabolotnogo Str., Kiev 252143, Ukraine

tel.: (38 044) 266-1139;

fax: (38 044) 266-0759;

e-mail: prima@imbig.kiev.ua

23. Experiment "DNA FRAGMENTATION"

The aim: to understand the biochemical status of plant genetic material in microgravity. The experiment will test the hypothesis that during the first steps of space flight growing plant seeds are accompanied by changes in the integrity and organization of nuclear DNA at embryos and proliferating tissues.

Objectives: two different plant systems will be used: 1) Seeds begin to germinate before launching and 2) seeds begin to germinate in space flight. During the different flight stages, plant tissues will be treated with proteolytic enzymes and protoplasts from embryos will be isolated. The isolated protoplasts will be embedded in agarose and their DNA will be analysed after landing. The results are expected to provide information on changing of fragmentation pattern and DNA repair activity of plant proliferating cells in microgravity.

Objects: pea (*Pisum sativum*) or haricot bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds.

Methods: DNA fragmentation will be analysed by using pulse field electrophoresis. Single cell electrophoresis at different pH level will be also used in order to investigate single- and double DNA breaks.

Duration: 3-8 days.

Equipment: "Biocontainer" with technical facilities for protoplast isolation, embedding and fixation.

D.Ph. Boris V. Sorochinsky

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering

148 Zabolotnogo str.

252143 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 266-7104

fax: (38 044) 252-1786

e-mail: bvs@phyto.kiev.ua

24. Experiment "CLONING"

The aim: identification and cloning of specific genes involved into plant response in time of

space flight.

Objectives: 1) create the collection of *Arabidopsis thaliana* transformants carried promoterless GFP (Green Fluorescent Protein) reporter gene which is placed adjacent to the right border of the T-DNA of *Agrobacterium tumefaciens*, 2) detect of GFP positive plants in time of space flight, 3) clone of specific genes by using of inverted PCR approach. To clone of specific stress genes the insertional mutagenesis method will be used. This method is based on ability of *Agrobacterium tumefaciens* to transfer T-DNA to plant cells where integration into nuclear chromosomes occurs by the random way. The transformation vector carried a promoterless GFP reporter gene placed adjacent to the right border of the T-DNA. It also harboured the pnos-nptII- pAnos gene to be used for selection of trans formants. It can be suggested that a promoterless reporter gene will be activated in case of integration under control of plant promotor elements. The plants of interest will be chosen in time of space flight as GFP positive. To screen space-inducible and constitutive GFP activity the experiment will repeat in the lab condition with selected plants. The gene clone experiments will be done with space inducible GFP plants only.

Objects: *Arabidopsis thaliana* ecotype C24 will be chosen as a model object for the transformation.

Duration: two weeks

Equipment: Biocontainer and microscope-fluorometer to detect GFP activity.

D. Ph. Nickolay V. Kuchuk

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering

National Academy of Sciences

148 Zabolotnogo str.

252022 Kiev, Ukraine

fax: (38 044) 252-1786

e-mail: kuchuk@iicb.kiev.ua

25. Experiment "MOSES"

The aim: to understand the nature of gravitropic reaction in mosses and the role of gravity in moss growth and morphogenesis.

Objectives: to study 1) the plastidom and Golgi apparatus in protonemata apical cells in microgravity in darkness and under illumination, 2) protonemata growth movements and development in microgravity, 3) gametophore bud formation in microgravity and 4) sporophyte orientation in microgravity.

Objects: *Pottia intermedia*, *Ceratodon purpureus* and other moss species.

Methods: light and electron microscopy, morphometry, cytochemistry, immunocytochemistry, biochemistry.

Duration: 1-12 weeks

Equipment: "Svetoblock", "Biocontainer"

Prof. Orest T. Demkiv

Institute of Carpathians Ecology

National Academy of Sciences of Ukraine

17 Chaikovskogo str.

290000 Lviv, Ukraine

tel.: (38 0322) 72-5809

Prof. Fred D. Sack, D.Ph. Volker D. Kern

Ohio State University

1735 Neil Avenue, Columbus

OH 43210-1293, USA

tel.: 614 688-4305

fax: 614 292-6345

e-mail: kem.60@osu.edu

26. Experiment "NEUROSECRETION"

The aim: to study the effect of microgravity on the potential-dependent calcium channels and

process of neurosecretion in nerve terminals.

Objective: the nerve terminals (synaptosomes) to be used in proposed study will be purified from rat brain. Three sets of experiments are planned: (1) the analysis of membrane calcium permeability; (2) the monitoring of cytoplasmic Ca^{2+} concentration; (3) the shading of uptake and release of neurotransmitters.

Methods: purification of synaptosomes from rat brain has been used routinely in our lab. We will use Ca^{2+} and fluorescent indicator molecules to analyze membrane calcium permeability and the cytoplasmic calcium concentrations, neurotransmitters with radioactive labels to investigate uptake and release processes.

Objects: the rat brain.

Duration: will be from 7 days to 6 months.

Equipment: The rats will need in standard cage which will ensure the vital requirements.

Dr. N.H.Himmelreich.

Dr. T.A. Borisova

Natl Acad Sci Ukraine

A.V.Palladin Biochem. Inst.

Leontovich str. 9

252030 Kiev, Ukraine

tel. (38 044) 224-3254

fax (38 044) 229-6365

e-mail tborisov@paladin.biochem.kiev.ua

27. Experiment "CENTRAL NEURITES"

The aim: investigation of neurite growth and cell morphometry in isolated matured central and peripheral neurones of rats during zero-gravity.

Objectives: to determine: 1). the presence of changes in neurite formation in neurones induced by zero-gravity, 2). the presence of changes in neuron morphology induced by zero-gravity, 3). the presence of differences in sensitivity of neurones from different parts of nervous system to zero-gravity; to establish the presence of changes in neuron maturation during zero-gravity.

Objects: cultivated neurones from different parts of rat nervous system (hippocampal cortical, cerebellar, and sensory neurones).

Methods: cell culturing, microgravity, morphometric computer image analysis, electron microscopy, electrophysiology combined with calcium microfluorometry, immunocytochemistry

Duration: 1-2 weeks

Equipment: Biocubator "Biobox", inverted microscope, software for image grabbing and storing

Prof Platon G. Kostyuk

National Academy of Sciences of Ukraine

Bogomolets Institute of Physiology

4 Bogomolets str.

Kiev, 252601, Ukraine

tel.: (38 044) 293-2909

fax: (38 044) 293-6458

e-mail: elena@serv.biph.serv.kiev.ua

28. Experiment "TRANSFORMED NEURONES"

The aim: to investigate behavior of transformed (tumor) nerve cell line in condition of zero-gravity.

Objectives: to determine: 1). the presence of changes in morphology and proliferation of tumor nerve cells induced by zero-gravity 2). the presence of changes in the process of differentiation induced by neurine growth factors in transformed cells induced by zero-gravity, 3). the presence of differences in sensitivity of different cell lines to zero-gravity.

Objects: cell lines of neuronal origin (NIE-115) and hybrid cell line neuroblastomaxglioma (NG108-15).

Methods: cell culturing, microphotography, morphometric computer image analysis, electron microscopy, electrophysiology combined with calcium microfluorometry, immunocytochemistry.

Duration: 1-2 weeks

Equipment: Bioincubator "Biobox", inverted microscope, software for image grabbing and storing.

Prof. Platon G. Kostyuk

National Academy of Sciences of Ukraine

Bogomolets Institute of Physiology

4 Bogomolets str.

Kiev, 252601, Ukraine

tel.: (38 044) 293-2909

fax: (38 044) 293- 6458

e-mail: elena@serv.biph.serv.kiev.ua

29. Experiment "SECRETION"

The aim: to investigate the morphology and secretory function in isolated cultured cells from rats in microgravity.

Objectives: to determine: 1) the presence of changes in morphology of endocrine cells of neuronal origin induced microgravity, 2) the presence of differences in sensitivity of different types of endocrinic cells in microgravity, 3) the presence of changes in secretory function in microgravity.

Objects: cultivated endocrine cells of neuronal origin (chromaffin and hypophysal cells)

Methods: cell culturing, microphotography, computer image analysis, electron microscopy, electrophysiology combined with calcium microfluorometry, capacitance measurements and electrochemistry, immunocytochemistry.

Duration: 1-2 weeks

Equipment: Bioincubator "Biobox", inverted microscope, software for image grabbing and storing.

Prof. Platon G. Kostyuk

National Academy of Sciences of Ukraine

Bogomolets Institute of Physiology

4 Bogomolets str.

animals are divided into two groups. Experimental group is sent to the space station, while the control group stays on the Earth. After experimental group is being returned, each group is divided into three subgroups.

In the first subgroup, the number and subpopulations of lymphoid cells are studied by analyzing the lymphoid organs (thymus, spleen, lymph nodes).

The second subgroup is immunized with the soluble protein antigen, keyhole limpet hemocyanin (KLH). Four days later, the numbers of both antibody-forming cells (AFC) and antibody-secreting cells (ASC) are analyzed in a half of them. Another half is boosted a month later and the numbers of AFC and ASC, as well as the classes of antibodies produced, are studied for the secondary immune response.

The third subgroup is immunized with killed bacterial antigen, *Staphylococcus aureus*, (Wood 46) and is studied similarly to the second subgroup.

Objects: CBA or BALB/c mice.

Methods: -fluorescent flow cytometry, to study lymphocyte numbers and subpopulations; immunofluorescent imprint technique, to study ASC numbers; cytoplasmic staining of lymphocytes, to study AFC numbers and the types of antibodies produced.

Duration: Mice are to be kept in space up to two weeks. The following studies will take about two months. Preliminary experiments require about half a year.

Equipment: the devices for keeping mice at the space station: it is planned to use the ones available in NASA laboratories;

Dr. Marina V. Skok

Department of Molecular Immunology,

Institute of Biochemistry,

National Academy of Sciences of Ukraine

tel. (38 044) 225-5162

fax: (38 044) 229-6365

e-mail: skok@biochem.kiev.ua

SAB@biochem.kiev.ua

32. Experiment "IMMUNE RESPONSE: IMMUNIZATION IN SPACE"

The aim: To study both primary and secondary immune responses of animals immunized in space.

Objectives: to expose animals to the effect of space flight factors in the course of immunization and during a short period after immunization. The animals are divided into two groups. Experimental group is sent to the space station and is immunized there with either soluble protein antigen, keyhole limpet hemocyanin (the first subgroup) or killed bacterial antigen, *Staphylococcus aureus*, (Wood 46) (the second subgroup). The control subgroup is not immunized. The control group (on the Earth) is also divided into three subgroups and is treated similarly to experimental animals. After experimental group is being returned, each subgroup is further divided into two.

In the first set of subsubgroups, the numbers of both antibody-forming cells (AFC) and antibody-secreting cells (ASC) are analyzed immediately, for the primary immune response. In the second set of subsubgroups, the level of serum antibodies is evaluated. These subsubgroups are boosted on the Earth with either soluble or particular antigen, correspondingly, in a month after initial immunization and the numbers of AFC and ASC, as well as the classes of antibodies produced, are studied for the secondary immune response.

Objects: CBA or BALB/c mice,

Methods: - immunofluorescent imprint technique, to study ASC numbers; cytoplasmic staining of lymphocytes, to study AFC numbers and the types of antibodies produced, -enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) to study the levels and classes of serum antibodies.

Duration: Mice are to be kept in space up to a week after immunization. The following studies will take about two months.

Equipment: the devices for keeping mice at the space station: it is planned to use the ones available in NASA laboratories;

Dr. Marina V. Skok or Dr. Serguey A. Bobrovnik

Department of Molecular Immunology,

Institute of Biochemistry

National Academy of Sciences of Ukraine

tel.: (38 044) 225- 5162

fax: (38 044) 229- 6365

e-mail: skok@biochem.kiev.ua

SAB@biochem.kiev.ua

33. Experiment "BONE SKELETON".

The aim: to clear up the cytological mechanisms of gravity-dependent changes in developing and mature bone skeletons in space flight.

Objectives: to determine 1) the cytological peculiarities of bone skeleton morphogenesis and its possible abnormalities during pre- and postnatal development in a living organism and in vitro; 2) morpho-functional changes and their cellular mechanisms in bone skeletons of females during the periods of pregnancy and lactation; 3) peculiarities of proliferation, differentiation and specific functioning of osteoblasts, osteocytes, macrophages, osteoclasts and other cells, as well as intercellular interactions in developing and mature bones; to evaluate an intensity of ultrastructural osteoplastic and resorptive processes in a bone.

Objects: white rats (other animals are possible)

Duration: 10-day experiment on pregnant rats with their further return to the Earth; 1-2 months experiment with further studying of female's skeletons and the skeletons of their descendants (born on the board of space station) after their return to the Earth; 1-2 -week experiments on the embryonic morphogenesis of cartilage and bone skeleton in organ culture (in vitro).

Methods: transmission electron microscopy; histology and histochemistry, electron cytochemistry; scanning electron microscopy with microanalysis, X-ray analysis.

Equipment: Animal Enclosure Module (AEM), Biobox produced by ESA.

D.Sc. Natalia V. Rodionova

Institute of Zoology

National Academy of Sciences. of Ukraine

15 Bogdan Khmel'nitsky str.

252030 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 225-1025

fax: (38-044) 224-15-69

e-mail: nrod@iz.freenet.kiev.ua

34. Experiment "PERIOSTEAL"

The aim: to elucidate the influence of microgravity on periosteal ossification in order to inquire the cause of the bone calcification disturbances.

Objectives: to investigate the influence of microgravity on dermoskeleton development because the bone elements (rays of fins and scales) of it are of perostal origin. The convenient model to solve this problem is dermoskeleton of small aquarium fish *Poecilia reticulata*. It is possible to realise this task using two ways:

By launching on orbit the larvae which has not yet bone in skeleton. The study of the dermoskeleton structure after the landing permits to inquire the influence of microgravity on initiation and subsequent development of dermoskeleton elements.

By launching on orbit the adult fishes with partly (2/3) amputated caudal fins. Regeneration of caudal fins including their bone elements of rays (lepidotrichias) on the earth are realized very quickly during 18 days. The investigation of amputated part of 11ns will **permit** to find out the influence of microgravity on periosteal ossification of regenerated rays of caudal fins.

Objects: Larvae and adult females of *Poecilia reticulata*.

Methods: Visual observation of the fishes behaviour after the landing; investigations of the

structure of dermoskeleton elements in narcotized fishes under binocular as soon as possible after the landing; histology, histochemistry and electron microscopy.

Duration: from 2 till 5 weeks

Equipment: "Aquarium"

Vasily P. Pegueta

I. Franco str., Apt. 39

252030 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 225-7462

fax: (38 044) 488-3968

e-mail: Gennady@concord.kiev.ua

35. Experiment: "BIOMINERALS".

The aim: to establish the mechanisms determining processes of composition changing and biominerals properties in microgravity; to develop methods and procedures decreasing unfavorable influence of space flights on these tissues.

Objectives: 1) to establish the main principles determining the structure formation of biominerals under the conditions of land and space. 2) to determine the mechanism of organic and mineral substance interaction, 3) to carry out experimental researches on the changes of biominerals under different external influences under land and partially closed to space conditions; 4) to develop a new approach to the investigation of demineralization of biominerals mechanisms - creation of new markers which will allow to research a space isotropy of biominerals and change of this anisotropy during space flights, 5) to develop a set of methods and procedures allowing: to carry out the preparation of human staying in the space; to provide a decrease of unfavorable factors influences on the biominerals properties under the flight and after flight conditions.

Objects: animals' (rats') and human bones, teeth and blood.

Methods: Method of nuclear magnetic resonance, electron paramagnetic resonance, optical spectroscopy, atomic-absorbable spectroscopy. X-ray analysis.

Equipment: usual container for rats (USA).

Duration: 1 year with interval in 2 months, 4 months, 8 months, 12 months.

Prof. Alexander F. Vosianov

Academy of Medical Sciences of Ukraine

9-A Kotsubinsky Str.

252054 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 431-9840

fax: (38 044) 227-8154

e-mail: borys@stcu.kiev.ua

• Developmental biology in microgravity; investigations of plant and animal growth and development in space flight

36. Experiment "ORCHIDS"

The aim: to study growth and development of orchids in microgravity.

Objectives: 1) to determine biological rhythms of different orchid species in microgravity; 2) to study anatomico-morphological changes in different plant organs, including aerial roots, in microgravity; 3) to determine phytohormonal status and biochemical content (free amino acids, soluble proteins, carbohydrates, micro- and macroelements, etc) at the successive stages of plant development; 4) to study silicious organic preparation effect on increasing of plant resistance to fungus and bacterial diseases; 5) to design technology of plant growing on artificial soil substitutes using balanced systems of mineral nutrition.

Objects: orchid species with different morphological structure of vegetative and generative organs and morphoecotype: epiphytes with monopodial (*Doritis pulcherrima* Lindl.) and sympodial (*Oncidium sphacelatum* Lindl., *Epidendrum radicans* Pav.) type of branching, and terrestrial plants with sympodial type of shoot system branching (*Paphiopedilum insigne* (Lindl.) Pfitz.

Methods: spectrophotometry, nucleo-absorptive spectrophotometry, chromatography,

colorimetry, biotesting.

Duration: from 2 weeks till 1 year

Equipment: Board greenhouse

Prof. Tatjana M. Cherevchenko

Central Botanical Garden

National Academy of Sciences of Ukraine

1 Timirjazevskaja str.

252014 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 295-4105

37. Experiment "SEED REPRODUCTION"

The aim: To elucidate the peculiarities of generative organ formation in higher plants in microgravity and the possibilities of their seed reproduction in space flight.

Objectives: 1) to obtain "embryological diagrammed" (the characteristics of anther and ovule formation, micro- and macrosporogenesis, male and female gametophyte development, fertilization, embryo- and endosperm development, mature seeds) in annual plants in microgravity, 2) to determine plant productivity, and 3) to try to obtain the second and the next generations of higher plants in microgravity.

Objects: annual higher plants with a short period of development, ephemers and ephemeroids.

Methods: light and electron microscopy, cytochemistry, morphometry.

Duration: 1-12 months

Equipment: Board greenhouse

D.Ph. Antonina F. Popova

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereschenkovskaya str.

252004 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3236

fax: (38 044) 212-3236

e-mail: e.k.@cytol.kiev.ua

38. Experiment "ENDOSPERMOGENESIS"

The aim: to understand the role of different endosperm types in microgravity effects on seed formation.

Objectives: 1) to study the development and state of the endosperm tissue in angiosperms plants with different endosperm types - nuclear, cellular and helobial, in microgravity, 2) to determine correlations between the embryo and endosperm development in these conditions, 3) to investigate the structure of a seed coat.

Objects: annual plants with different endosperm types.

Methods: light and electron microscopy, cytochemistry, immunocytochemistry.

Duration: 1-3 months

Equipment: Board greenhouse

Prof. Elizabeth L. Kordyum

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereschenkovskaya str.

252004 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 212-3236

fax: (38 044) 212-3236

e-mail: e.k.@cytol.kiev.ua

39. EXPERIMENT "XANTHORIA"

The aim: to study the influence of outer space on generative and vegetative fungal structures of lichens, the most tolerant to extremal environmental conditions [on Earth] long living assamblages.

Objectives: 1) to expose several lichen specimens for different period beyond earth's atmosphere; 2) to carry out comparative analysis of the influence of outer space on generative and vegetative fungal structures of lichens.

Objects: lichens, unique association of fungus and alga which are, on one side, extremely sensitive to exchanges of the earth's environment and they are very important indicators of its state, and, on another side, they represent an unique biochemical system, will be selected from extremal environmental conditions of mountain regions as model objects. Some widely distributed and very known representatives of the genus *Xanthoria* will be used for experiments.

Duration: Some lichen specimens will be exposed in outer space from some minutes to several hours; some specimens will be exposed in the outer space during some weeks (for some hours a day).

Equipment: BIOPAN or similar sets.

Dr Sergey Ya. Kondratyuk

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkivska str.

252004 Kiev, Ukraine,

tel.: (38 044) 224-5157

fax: (38 044) 224-1064

e-mail: <skondr@botan.kiev.ua>

• **Life duration and aging in microgravity**

40. Experiment "AGING"

The aim: to study the effects of chronic microgravity on aging pattern and search of so called graviprotectors - means for diminishing negative influences of gravity factors; the development of graviresistant animal models by maintenance of laboratory insects and mammals at hyper- or microgravity during several generations.

Objects: laboratory strains of *Drosophila melanogaster* (Oregon R) and mice (C57BL/6).

Methods: well-known methods of analyses of age-dynamics of mortality and its main correlates will be studied, including gaseous exchange, antioxidant defence system, thermoregulation, the genome expression and stability, physical activity. Equipment: USA-made space equipment for mice and insects will be preferred.

Prof. Vladimir Frolkis

Institute of Gerontology AMS Ukraine

67, Vyshgorodskaya str.

254114, Kiev-114, Ukraine

tel. (38 044) 430-4161

fax: (38 044) 432-9956

e-mail: direct@geront.freenet.kiev.ua

• **Interactions of eukaryotic (plants, animals, man), prokaryotic (pathogenic, symbiotic, associated) and viruses in microgravity; the value of changes in microflora and its pathogenic properties in the cabin of space vehicles**

41. Experiment "ENDOPHYTIC BACTERIA - GENETIC EXCHANGE"

The aim: to study exchange of genetic material between bacteria in microbiocenosis (where partners interact with the plant-host) in microgravity. Endophytic bacteria, possessing a set of beneficial for plants characters (nitrogen fixation, phytohormone production, etc), will be genetically modified and used as model for simulating genetical material exchange between them and recipients during interaction of partners with plants in both space and earth experiments. On the base of data obtained predictive model of transfer of genetical material between bacteria and the genetically modified bacteria (GMB) will be elaborated.

Objectives: monitoring GMB in microcosm system; to study the influence of microgravity on plant-bacteria interrelations; to construct the devices needed for seed inoculation and cultivating bacteria and plant seedlings in the orbit. The experiment consists of three stages. The first one

includes a construction of series of vectors (replicative, suicide) for transfer of genetical information between bacteria and strains needed (donors, recipients). Microcultivators for bacteria and compartments for bacteria mixture, seed inoculation, and seedling growth will be constructed. At the next stage in space flight, bacterial partners will be grown, mixed and disinfected before seeds will be inoculated with a bacterial mixture. In a special chamber the bacterized seedlings will be cultivated. At the final stage in laboratory information about transfer of genetical material and distribution of GMB in microcosm will be gained, on one hand, and the influence of endophytes on the plant development and mechanism of penetration to the plant tissue will be discussed, on the other hand.

D.Ph. Natalia Kozyrovska
Institute of Molecular Biology and Genetics
National Academy of Sciences of Ukraine
150 Zabolotnogo str.
252143 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 266-5596
fax: (38 044) 266-0759
e-mail: kozyr@imbg.kiev.ua

42. Experiment "PLANT DEFENSE RESPONSES"

The aim: to determine if microgravity affects the ability of rice plants to form defense reactions in response to attempted infection by a bacterial pathogen. The available evidence suggests that, when grown in microgravity, plants are more susceptible to microbial invasion. Enhanced pathogenicity may have several underlying causes. We will investigate the effects of microgravity on the ability of rice plants to localize vesicles with defense response compounds and to form induced wall appositions in response to infection by a bacterial pathogen (*Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*, causal agent of bacterial blight of rice).

Objectives: 1) to compare rice tissues grown in unit and microgravity that have been left untreated or inoculated *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (at sites in the plant cells where bacteria are adjacent, there will be quantitate: amount of vesiculations, number and size of wall appositions formed), to determine the presence and relative amounts of callose and lignin in wall appositions, the presence of defense associated enzymes in vesicles. 2) to study the photosynthesis mRNAs and gene products; it is suggested that microgravity will lead to an altered accumulation of mRNAs and gene products of the photosynthesis genes and this alteration will be exacerbated by the interaction of the rice plant with a bacterial pathogen. 3) in vivo observation of photosynthesis as it is altered by plant disease responses in rice in microgravity, to monitor the kinetics of apoptosis-like onset of cell death induced by plant defenses.

Objects: rice plants untreated and inoculated with bacterial blight.

Methods: electron microscopy, morphometry, cytochemistry, fluorescence, biochemical, molecular-biological.

Duration: 1-4 weeks

Equipment: Board greenhouse, Biocontainer, fluorimeter.

D.Sc. Olena M. Nedukha
Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska str.
252004 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 212-3236
fax: (38 044) 212-3236
e-mail: e.k.@cytol.kiev.ua
Prof. J.A. Guikema, Prof. J. Leach
Kansas State University
Manhattan, KS 66506-5502, USA
tel.: (913) 532-1367

fax: (913) 532-5692

e-mail: jeleach@ksu.edu

43. Experiment "BACTERIAL AGGRESSIVITY"

The aim: elucidation of the influence of microgravity on the changes in aggressivity of plant pathogenic bacteria (systems potato tubers and wheat).

Objects: wheat, potato tubers, strains of bacteria, *Pseudomonas syringae* pv. *atropfaciens* and *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

Methods: bacteriologic, phytopathologic, serologic, genetic.

Duration: for the system *Erwinia* - potato tubers - 1 - 2 days, for the systems *Pseudomonas* - wheat - 15 days.

Equipment: Board greenhouse

Prof. Rostislav I. Gvozdyak.

Institute of Microbiology and Virology

National Academy of Sciences of Ukraine

154 Zabolotny str.

252143 Kiev, Ukraine

fax: (38 044) 266-2379

e-mail: root@phyto.imv.kiev.ua

44. Experiment "BACTERIOPHAGES"

The aim: to study the influence of microgravity on the induction of phages at diseases of plants in the systems *Erwinia* - potato, *Pseudomonas* - wheat.

Objects: wheat, potato, bacteria, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Methods: bacteriological, serologic, cytologic.

Duration: for *Erwinia carotovora* - potato - 1 - 2 days, for *Pseudomonas syringae* - wheat - 15 days.

Equipment: Board greenhouse

Prof. Rostislav I. Gvozdyak

Institute of Microbiology and Virology

National Academy of Sciences of Ukraine

154 Zabolotny str.

252143 Kiev, Ukraine

fax: (38 044) 266-2379

e-mail: root@phyto.imv.kiev.ua

45. Experiment "VIRUS RESISTANCE"

The aim: to study the influence of microgravity on health and virus-infected plants of winter wheat.

Objectives: to infect wheat plants by two viruses: Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV) and Barley Stroke Mosaic Virus (BSMV); to study physiological and biochemical characteristics of health and virus-infected plants: photosynthesis pigments, photochemical activity of chloroplasts, RNA and carbohydrates content, dry matter, the ultrastructural organization of health and virus-infected cells; to determine latent viruses.

Objects: winter wheat cultivars "Yubileyna-75" and "Mirleben".

Methods: immunoenzymatic and atom-absorption analyses, spectrophotometry, light and electron microscopy, morphometry.

Duration: from two weeks till two months

Equipment: Board greenhouse

Prof. Anatoly L. Boyko

Department of Virology, Biological Faculty

Kiev Taras Shevchenko University

64 Vladimirska Str. 252033 Kiev, Ukraine

fax: (38 044) 266-2241

tel.: (38 044) 252-1648, 252-6161

46. Experiment "PHYTOVIRUS"

The aim: to study *in vivo* the process of reproduction, localization and formation of intracellular inclusions of Tomato Mosaic Virus (TMV) in microgravity and after space flight.

Objectives: to select isolates of TMV separated in Chernobyl region that have different biological, physiological-biochemical properties, infect plants and analyse virus infection behavior under the influence of microgravity.

Objects: Isolates of TMV, tomato and tobacco plants.

Methods: electron microscopy, immunological tests, purification, fractionation of isolates and their components for analyses.

Duration: from two till twelve weeks.

Equipment: "Virus-Cell" Board greenhouse.

Prof Anatoly L. Boyko,

Department of Virology, Biological Faculty

Kiev Taras. Shevchenko University

64 Vladimirska Str., 252033 Kiev, Ukraine

fax: (38 044) 266-2241

tel.: (38 044) 252-1648

47. Experiment "PLANT AND HUMAN VIRUSES"

The aim: to investigate the action of microgravity on the viruses and their interaction with cells.

Objects: adenoviruses and some plant viruses (Potato virus X and Curly potato dwarf virus).

Methods: virological, immunochemical, morphological.

Duration: 20-30 days.

Equipment: the special chamber for incubation of viruses "Virus-Cell"

Prof. Natalia S. Dyachenko

Institute of Microbiology and Virology

National Academy of Sciences of Ukraine

154 Zabolotnogo str.

252143 Kiev. Ukraine

tel.: (38 044) 266-9942

48. Experiment "Moderate viruses"

The aim: to study the influence of microgravity on the level of an induction of moderate viruses in the model "lysogenous virus-cell system".

Objectives: 1) to analyse of the microgravity influence on growth characteristics of lysogenous culture, 2) to estimate of the level of a spontaneous induction and induction of provirus in lysigenous culture in microgravity, 3) to determine the molecular biological characteristics of provirus genome excision in microgravity.

Objects: lysogenous culture of filamentous cyanobacterium *Plectonema boryanum*; test culture for determination of induced virus particles.

Methods: effective method of an provirus induction, virological, biochemical and molecular biology methods of the analysis of viruses and their genomes (restriction analyse, physical mapping, etc.) have been developed.

Duration: 7 days;

Equipment: "Biocontainer"

D.Sc. M.I. Mendzhul

Institute of Microbiology & Virology

National Academy of Sciences of Ukraine

154, Zabolotny St., 252143, Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 266-9942

fax: (38 044) 266-2737

e-mail reva@imv.kicv.ua

• **Possibilities of using the magnetic and electric fields for compensation of the gravity**

absence for living system vital activity, first of all, plants

49. Experiment "GRADIENT"

The **aim:** to develop the compensative method to avoid the negative microgravity effects in space (light). We have investigated the compensative possibilities of gradient magnetic field on earth. The gravitational force was weakened by using the rotation of the biological objects on the clinostat and emerging in water. It was shown that the gradient magnetic field decreased partially the negative effects connected with weakening of the gravitational force. Our estimations show that the effect of the electric field is similar.

Objectives: investigations on earth in different magnetic and electric fields as a model for future space experiments. The needed field's characteristics for compensation of the negative microgravity effects on plants will be obtained. The main part of our experimental device is the magnetic sheet which will defend the biological objects from the orbital magnetic fields. The needed gradient of magnetic and electric fields will be generated artificially inside the sheet. The object will be located in these artificial fields.

Prof Stanislav I. Bondarenko

Physical-Technical Institute of Low Temperatures

National Academy of Sciences of Ukraine

47 Lenin Ave

125334 Kharkov, Ukraine

tel.: (38 0572) 32-2293

fax: (38 0572) 32-2293

e-mail: sktb@ilt.kharkov.ua

50. Experiment "Magnet"

The aim: to imitate the gravitational effects and stimulate the gravitropic reaction of roots, rhizoids, and protonemata of mosses in microgravity conditions by strong gradients of high magnetic field

Objectives: 1) to develop a new tool for controlled local and time -dependent stimulation of the plant and moss gravisensing cells in microgravity; 2) to study the reaction of these objects in response to the controlled spatially and temporally distributed stimulation of statoliths by ponderomotive forces produced by the inhomogeneous magnetic fields, to study the rheology of statoliths+cytoskeleton system . 3) to compare the results of simulation of the gravity effects in Earth and Space conditions

Background: The effect is based on the displacements of statoliths by ponderomotive forces which are the result of the differences of the magnetic susceptibilities of statoliths and cytoplasm (Kuznetsov& Kuznetsov, Hasenstein&Kuznetsov). These magneto-mechanical forces are proportional to the gradient of magnetic field. The magnitude of magnetic field gradient is determined by the geometry of the permanent magnets. The displacements of the statoliths result in the response of the cells similar to the gravitropic reaction. Because of the very short range of the action of the ponderomotive forces for the magnitudes of magnetic fields and their gradients which can be achieved, the gravistimulation of the cells in Earth conditions can not be completely compensated. Being used in microgravity conditions the magnetophoresis is the only force acted on the specific inertial masses of the cells. This method of stimulation allows to analyse the time-delayed graviresponse as the result of the controlled temporal and spatial stimulation with the different topology and to study rheology of system "statoliths+cytoskeleton".

Objects: roots of high plants, protonemata of mosses; rhizoids.

Methods: photo and video -registration, optical and electron-microscopy. Device and its main components: permanent magnets of different configurations, chamber with samples, optical system for registration of the kinetics of gravitropic reactions, precise mechanical system for controlled temporal displacement of the magnets relatively to the chamber (samples) location. The computer simulation of the map of magnetic field gradients, ponderomolive forces and the topology of experiment will be developed. Modeling of rheology on the basis of the response of statoliths + cytoskeleton system.

Alexander V. Kondrachuk,
Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine
46 Prospekt Nauki, Kiev, 252650, Ukraine
fax: (38 044) 265-1589
email: kondr@kondr.kiev.ua

• **Working out space cell biotechnologies, methods of space plant growing, waste utilization and environment monitoring**

51. Experiment "BIOCRYST"

The aim: to obtain high quality crystals of R phycoerythrin for X-ray diffraction analysis.

Objectives: to obtain purified phycoerythrin with crystallization quality; to study crystallization process of phycoerythrin; to design microgravity crystal growth module (laboratory model); to study phycoerythrin crystal growth in the microgravity module.

Objects: fluorescent protein from red Black sea algae - R-phycoerythrin with absorb light with maximum of 565 nm and molar extinction coefficient about 2×10^6 and emit light with maximum of 578 nm and quantum yield up to 0.98.

Methods: biochemical, biophysical and the methods of protein crystal growth.

Duration: for crystallization on microgravity - up 1 month.

Equipment: Crystallization apparatus

Prof. Yuri S. Krivoshein

Crimean Medical University

5/7 B.Lenin

333670 Simpheropol, Ukraine

tel.: (38 0652) 27-2258

fax: (38 0652) 27-2016

52. Experiment "PRODUCENT"

The aim: to study the processes of electrophoretic microorganism migration at free electrophoresis in microgravity.

Objectives: to investigate the gene-engineering strains of microorganisms which produce interferone, interleukin, antibiotics, enzymes, hormones and other biologically active substances, and also vaccine strains of grippe viruses.

Equipment: the setting consists of electrophoretic column, heating appliance to introduce the preparation connected with two electrode chambers and thermostat, allowing to regulate the temperature at range 20 - 45 °C, power supply with voltage 220 -300 V and constant current at range 20-30 mA, size 300x100x100 mm. Buffer solution contains 1% agarose gel that allows to fix the start zone of the preparation on earth and bring it out to microgravity in such position. Later the temperature raises till 400C, the electrophoresis conducts and the column is cooled till 200C, the microorganisms are fixed, such column is brought to earth, the gel is cut at 20-30 parts, each of them is placed into the separate lake with nutritive media and grows. After this the strain is studied.

Prof. Gennady Agitsky

Crimean Medical University

5/7 B. Lenin

333670 Simpheropol, Ukraine

tel.: (38 0652) 29-1362

53. Experiment "SPIRULINA PRODUCTIVITY"

The aim: to investigate microgravity effects on the growth, productivity and biochemical composition of the cyanobacterium *Spirulina platensis Nordst Geitl* and to elaborate the biotechnology of Spirulina cultivation on the board of space station.

Cyanobacterium *Spirulina platensis* is known source of health food and physiologically and pharmacologically active substances. It contains unusually high quantity of protein, nutritious value of which is best than soybean one. Spirulina biomass is easily assimilated by human organism and contains a lot of vitamins, irreplaceable and polyunsaturated fatty acids and

carotenoids. Therefore, *Spirulina* is a very interesting object as a component of life supporting system during space flight.

Objectives: 1) to compare space flight influence on accumulation of *Spirulina* biomass growing on various nutrition media; 2) to determine content of proteins, carbohydrates, lipids, pigments, fatty acids and vitamins in biomass; 3) to analyze the composition of biological active substances; 4) to propose general principles of *Spirulina* cultivation during space flight.

Methods: algological methods of supporting pure culture and microalga cultivation, as well as biochemical and analytical methods such as spectrophotometry, gas chromatography, HPLC and electrophoresis.

Objects: culture of cyanobacterium *Spirulina platensis Nordst Geitl*

Duration: 3-4 weeks

Equipment: Board cultivator

D.Ph. Elizaveta I Shnjukova

Institute of Botany

National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkovskaya str.

252001 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044)212-3231

fax: (38 044)212-3236

e-mail ezol@botan.kiev.ua

54. Experiment "Utilization"

The aim: to estimate the utilization effectiveness of food waste by oligochaete worms (red California worms) and their physiological state in microgravity.

Objectives: to secure optimal regimes for worm vital functions in the chambers with biosubstratum (food waste), to study chemical composition of biosubstratum and biogumus, to determine the signs characterized the oligochaete worm's physiological state in microgravity.

Objects: oligochaete worms (the hybrid of a red California worm)

Methods: spectrophotometry, thin layer and ion-exchange chromatography, atom-absorption spectrophotometry, gel filtration, dialysis, preparative electrophoresis, liophilization.

Duration: 3 weeks

Equipment: Chamber with free access of oxygen, constant air temperature and moisture and 8-10 containers of cotton cloth.

Prof. Nikolai Yu. Evtushenko

Institute of Hydrobiology

National Academy of Sciences of Ukraine

12 Pr. Geroev Stalingrada

254210 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 418-3565

55. Experiment "ARTIFICIAL SOIL"

The aim: to find out special approaches to control of physical-chemical and biological parameters of artificial soils in microgravity.

Objectives: to use soil substitutes as a model for study of sensitivity and adaptive reactions of the soil biosystem to microgravity; to research the processes of physical-chemical and biological transformation in soil substitutes under the effect of products of plant vital activity and microgravity.

Objects: inert fibrous organic and mineral materials and fibrous mixtures with binder and biologically active compounds, fertilizers of prolonged action are used to control agrophysical characteristics of fibrous materials.

Methods: Nikolajeva and Katchinski method for physical analysis of soil.

Duration: from weeks till months

Equipment: Board greenhouse

Prof. Tatjana M. Cherevchenko

Central Botanical Garden
National Academy of Sciences
1 Timirjazevska str.
252014 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 295-4105
56. Experiment "DAPHNIA"

The aim: the elaboration of the system for control of total toxicity of air, water, foods, and mutagenicity of environment by using the biotest - daphnias.

Objectives: check out of working capability in space, control for the possible changes in sensitivity of daphnias as biosensoric testing.

Objects of control: air in the cabin of space vehicles, drinking water, portable water, drinks, conserved foods and the one cultivated in space, radiation as mutagenous.

Methods: chemoluminescence stimulated by daphnia exometabolites.

Duration: 1) test during of the system of control - 2-3 weeks, test during of the sensitivity of daphnias as biosensing test - 1 -3 months.

Equipment: system for control consists of sensitive luminometer, testing chambers for the analysis of air or aqueous solution with the contrivance for the automatic or half-automatic sampling, measuring, washing out, computer (the board computer can be used), vessels for daphnia cultivation. Changes in mutagenetic properties can be designed with the help of the simple optical contrivances.

D.Ph. Konstantin Ja. Moiseenko
Institute of Environment and Ecology
National Academy of Sciences of Ukraine
6 Moscovskaya str.
320600 Dnepropetrovsk, Ukraine
fax: (38 0562) 78-5778
57. Experiment "BIOSORBENT"

The aim: investigation of affinity effectiveness of biospecific sorbents on the base of granular and filament carbon matrices.

Objectives: investigation of affinity materials for evaluation their effectiveness against antibodies, free hemoglobin, lipoproteins from biologic fluids (blood plasma, blood replacement, model liquids). This results became the base of new treatment procedure of efferent type - extracorporeal detoxification of patient conditions after long term cosmos staying, particular raising the IgG, free hemoglobin, lipoproteins of low density titer etc. The results can be used in biotechnology for biologic substances affinity chromatography preparation in cosmos conditions.

Objects: the systems "Affinity sorbent (AS) - biologic liquid (BL)" shall be investigated in micro column flow experiment. AS - carbon materials with covalently immobilized bioligands, particular protein A, haptoglobin, lysine, heparin, insulin etc. BL - blood plasma or blood replacements with determined titer of metabolites.

Methods: kinetic investigation of metabolites titer variation in liquid phase.

Duration: 1 experience - 5-30 min for concrete system AS-BL. Whole duration determined by a number of experiences. It is advisable to investigate 15-20 systems AS-BL.

Equipment: How spectrophotometer

Dr Olga Bakalinskaya or Prof. Nikolay Kartel
Department of Medical Sorbents
Institute for Sorption and Problems of Endoecology
13 General Naumova str.
252164, Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 452-9329
fax: (38 044) 452-9327
e-mail: bakalin@ispe.kiev.ua
nkartel@ispe.kiev.ua

58. Experiment "ANODIC OXIDE FILMS"

The **aim:** to obtain compact and porous anodic oxide films (AOF) on metallic substrates under microgravitation; to investigate the features of electrolytic oxidation (growth of oxides, gassing, formation and separation of gas cavities); to compare physical-and-mechanical, electrical, structural properties of AOF formed in microgravitation and Earth conditions. Electrolytic oxidation is defined with mass transfer processes which is depend on gradients of concentrations and fields, surface tension, gassing etc. that in microgravitation and in Earth conditions are different. Probably, the growth of anodic oxides, especially porous, their structure and properties will be different. Unordinary AOF may serve as base for the creation of such new technologies as insulation covers, optical coating, cell structures for perpendicular recording etc. The experiment is aimed at understanding the mechanisms of the pore formation and creating the theory of porous oxide growth.

Objectives: carrying out anodic oxidation experiments in microgravity and in different oxidation conditions. Visual monitoring of the processes, computer registration of anodization parameters, videorecording or photography of gassing.

Objects: the samples of vacuum deposited films of Nh, Al, Ta, Zr and other anodizable metals on substrates 10x10 mm². Every sample is in the pressurized electrolytic cell (capsule D-15 mm) with external electrode leads. Electrolytes are the weak acid solutions in water or ethylenglycol.

Methods: on the orbit - controlled anodic oxidation; on earth - controlled anodic oxidation and usual methods of physical-and-mechanical, physical-and-electrical investigations.

Duration: 3 days

Equipment: the system consisting of the electronic device, communication interface for IBM compatible computer, the software, and the set of electrolytic cells.

Prof. I. D. Vojtovich

Institute of Cybernetics

National Academy of Sciences of Ukraine

40 Pr. Academica Glushkova

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 266-0128

fax: (38 044) 266-3348

e-mail: budnik@uci.freenet.kiev.ua

• Pre-biotic synthesis in open space

59. Experiment "BIOMOLECULES"

The aim: Examination of chemical behavior of simple biomolecules (amino acids, nucleic acid bases, etc.) promoted by space factors in the solids simulating small organics-bearing space bodies (meteorites and dust particles), with emphasis on decomposition processes (decarboxylation, deamination, etc.) and peptide formation in adsorbed state.

Objectives: Evaluation of survivability of the biomolecules in small organics-bearing bodies (meteorites and dust particles) under space conditions with implications to their extraterrestrial delivery and prebiotic chemistry.

Objects: Samples of ultrafine pyrogenic silica (surface area of several hundreds m²/g) and amorphous carbon pressed to obtain wafers 0.2 mm thick are to be located on the support and exposed to open space.

Methods: Irradiated samples are to be studied using IR and HI NMR spectroscopy, TPD and GC-mass spectrometry (MS), GC/FTIR/MS and HPLC. BIOPAN or similar device is to be used.

Duration: long-temp experiment

Equipment: Biopan or the similar devices.

Prof. Valeriy A. Pokrovskiy.

Institute for Surface Chemistry

National Academy of Sciences of Ukraine

31 Prospekt Nauki

252022 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 268-6871
fax: (38 044) 264-0446
e-mail: val@ucs.freenet.kiev.ua

Desirable foreign partners:

Prof Tobias Owen
Institute for Astronomy
2680 Woodlawn Ave
Honolulu HI 96822, USA
e-mail: owen@ifa.hawaii.edu

Prof. Vladimir A. Basiuk
Institute of Nuclear Sciences
National Autonomous University of Mexico
Circuito Exterior C.U.,
A. Postal 70-543 04510 Mexico, D.F. MEXICO.
e-mail: basiuk@nuclecu.unam.mx

Prof. Francois Raulin
LISA, Universites Paris 7, Paris 12 et C.N.R.S.
C.M.C., 61 av. Gen. de Gaulle
94010 Creteil Cedex FRANCE
e-mail: raulin@univ-paris 12

• **Medicine**

60. Experiment "OXIDIZING HOMEOSTASIS"

The aim: development of recommendations for oxidizing homeostasis and immune system guard in conditions of space flight negative affect.

Objectives: to lead 1) evaluation of oxidizing homeostasis and immune status among persons exposed to the space flight factors and patients exposed to the different ionizing radiation dozes; 2) selection, aprobatation and to develop the recommendations concerning application immunomodulative and antioxidative drugs for preventive measures and correction of space flight negative influence.

Objects: spacemen (the samples of blood before and after space flight), patients exposed to the different ionizing radiation dozes (the samples of blood).

Methods: biochemical and immunological methods, evaluation of subpopulation compositions of immunocompetent cells by laser cytofluorimeter by using monoclonal antibodies, evaluation enzyme and non-enzyme indices of the antioxidant system, components of glutathione system, primary and final products of lipids peroxidation.

D.Ph. Anatoly A. Chumak
Scientific Center of the Academy of Medical Sciences of Ukraine
53 Melnik Str.
254050 Kiev, Ukraine
tel.: (38 044) 431-9838
fax: (38 044) 431-9830
e-mail: chumak@inin.freent.kiev.ua

61. Experiment "NEIROPROTECTOR"

The aim: to study action mechanisms of oxygen deprivation as an non-specific adaptogene. which ensure high mental capacity of astronauts under impact of multiple factors of space flights.

Objectives: to develop compact instrument for dozed oxygen deprivation to be used on board of a spacecraft; to develop regimes of dozed oxygen deprivation for astronauts in space flight conditions; to carry out comparative study of central nervous system for astronauts who used dozed oxygen deprivation in space flights and the ones, who did not; to assess state of central nervous system of the same astronauts after completion of their space missions.

Objects: central nervous system of astronauts.

We plan to use medical instruments for control of mobility of nervous processes and capacity

of human brain.

Equipment: in order to maintain programmed oxygen deprivation on board of a spacecraft we will develop and apply some compact version of membrane gas-separation unit, allowing to program levels of oxygen deprivation.

Duration: 21 day

Prof. Vadim A. Berezovsky,

NORT

State Research and Development Medical Engineering Center

National Academy of Sciences of Ukraine

45 Vasilkovska str.

252022 Kiev, Ukraine

tel./fax: (38 044) 212-1458

62. Experiment "Blood Microcirculation"

The aim: The creation of information bank given for forecasting of the change of astronaut's health condition in dependence on duration of the weightlessness stay.

Objectives: The research of changes of blood microcirculation in astronaut's vital important organs at their long weightlessness condition stay;

– Research of transformation of blood cells in dependence on duration of weightlessness condition stay.

– Research of influence of forms of blood cells on change and infringements of astronaut's blood microcirculation.

– Research of restoration of blood microcirculation in astronaut's vital important organs in afterflying period.

Objects: At the leading of space-medicine experiment it is assumed to execute the noninvasive control of the changes of blood cell forms and blood microcirculation of astronaut.

Methods: The control of blood stream is executed with help of laser coherent-optical Doppler's anemometry for probing of blood microcirculation, constructed on the basis of technology of phase-conjugated Doppler signals by probing of blood cells through the nail of the astronaut's finger.

Duration: About 6 months.

Equipment: In order to carry out the space experiment we shall develop and create the laser coherent-optical anemometry on the basis of Doppler's effect and technology of phase-conjugated coherent signals.

Prof. Vladimir M. Zemlianskii

Kiev International University of Civil Aviation

1, Komarova avn.

Kiev-58, 252058, Ukraine

tel.: (38 044) 484-9478

fax: (38 044) 488-3027

e-mail: zem@kmuga.freenet.kiev.ua

Prof. E.D. Hirleman

Arizona State University

Box 876 106 Tempe

Arizona 85287-6106

tel.: 602 965 38 95

fax: 602 965 13 84

63. Experiment "Telemedical Ultrasound Diagnostics".

The aim: the ultrasonic medical monitoring system with telemedical technologies working out for application among orbital stations personnel.

The research methodology working up and test-application for the ionizing radiation and other factors effective survey on human during flight on the orbital station with telemetric technologies and PC diagnostic application.

Objectives: the ultrasound studies telemedical technologies working out: 1) the digital ultrasonic images PC system for distant analysis and 2) the ultrasound images Data bases creation.

Objects: humans (orbital stations personnel).

Equipment: Digital ultrasound echo camera (portable unit), equipment for the telemetric technologies (server, network equipment), PC supplementation.

Prof. Anatoly K.Cheban

Research Center for Radiation Medicine (RCRM)

Ukrainian Medical Sciences Academy

53 Melnikova str.

254050 Kiev, Ukraine

tel.: (38 044) 213-9874

fax: (38 044) 213-7202

64. Experiment "OSTEOPROTECTION"

The aim: to evaluate skeletal effects of microgravity and to study possible preventive and corrective effects of intermittent gaseous mixtures on osteopenia.

Objectives: to carry out structure analysis of crystalline framework of animal bones (both trabecular and compact ones) before and afterwards impact of natural microgravity on animals; to study effects of microgravity on strength of trabecular and compact bone tissues (by micro-strength measurements); to study impact of microgravity on patterns of stress-generated potential (SGP) and piezoelectric effects in long tubular bones of animals; to study impacts of weightlessness on mineral and organic components of animal bones (both trabecular and compact bone tissues); to assess preventive and corrective effects of intermittent gaseous mixtures on osteopenia, generated by exposition of animals to natural weightlessness.

Objects: tubular and trabecular bones of adult Wistar rats (130 - 150 g). Groups of male Wistar rats will be randomly assigned to four groups: intact rats; control rats; rats exposed to microgravity for 14 and 30 days, rats exposed to both microgravity and hypoxia for 14 and 30 days.

Methods: small-angle X-ray examination of bone molecular structure (small angle X-ray scattering); X-ray phase analysis of crystalline structure of bones (X-ray refractometer). micro-strength measurement (RMT-3 instrument, by Newman U. and Newman M, M., 1976) electro-physiologic methods and instrument for registration of SGP and piezoelectric effects in bones; biochemical determination of bone remodelling; colorimetric determination of calcium and phosphorus in bone and blood (Biochemical Analyser STAT-FAX-1904).

Equipment: Gas-mixture generator, allowing to regulate necessary partial pressure of oxygen; Containers for rats.

Duration: 14 and 30 days.

Prof. Vadim A. Berezovsky

NORT

State Research and Development Medical Engineering Center

National Academy of Sciences of Ukraine

45 Vasilkovska str.

252022 Kiev, Ukraine.

tel./fax: (38 044) 212-1458