



# Человек в космосе.

Медико-физиологические проблемы и  
пути их решений.

*Суворов Александр Владимирович*

# 12.04.1961

## медконтроль



Максимальная частота пульса в первые мгновения после старта достигала 152 удара, а частота дыхания - 23 цикла в минуту. Показатели эти в условиях невесомости стали снижаться и к концу полета достигли предстартовых величин (64 в минуту). Оперативный врачебный контроль позволял вести непрерывное наблюдение за состоянием здоровья космонавта в т.ч. по переговорам.



# В настоящее время

ГНЦ РФ - ИМБП РАН



Видео  
наблюдение  
Аудио  
контакт

ЦУП

Мед.Группа

Включающая  
сотрудников  
ИМБП и  
психологов

## АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СЕРИИ «АЛЬФА»

Медицинский  
контроль  
космонавтов на  
ответственных  
участках полёта -  
при запуске и  
посадке  
Электрокардиограм  
ма в отведении DS  
Пневмограмма

## КОМПЛЕКСЫ СЕРИИ «БЕТА»

для оперативного  
контроля состояния  
космонавта во время  
выхода его в  
открытый космос.  
Электрокардиограмма  
в отведении DS  
пневмограмма (ПГ)  
температура тела (ТТ)  
(заушной)

## Комплексы «КМА» и «ГАММА»

Для оперативной  
информации о  
состоянии здоровья  
членов экипажа,  
детального  
обследования  
различных систем и  
функций организма  
с измерением массы  
тела, АД и сосудов



# Перспективы

ГНЦ РФ - ИМБП РАН



Расположение эмоций по  
выражению лица



Система кодирования FACS

Анализатор лазерный  
микроциркуляции крови  
портативный "ЛАЗМА ПФ"

Распознавание эмоционального состояния человека по его речи

Можно выделить:

быстрая речь — очевидная взволнованность;

медленная речь — высокомерие, усталость, угнетенное состояние;

прерывистая речь — неуверенность;

лаконичность и решительность речи — явная уверенность;

заикание — напряженность или обман;

появление речевых недостатков (повторение или искажение слов, обрывание фраз на полуслове) — несомненное волнение, но иной раз и желание обмануть;

опускание речевых пауз — напряжение;

слишком удлиненные паузы — незаинтересованность или несогласие;

появление в речи пауз, заполняемых словами-паразитами — нерешительность;

возрастание числа тривиальных наборов слов, проговариваемых быстрее, чем обычно, — эмоциональное возбуждение, напряжение;

умолкание или скупость в словах — обида.

Полиграф  
SOMNOtouch

Актиграф  
ЭКГ и АД  
Дыхание  
Оксигенация  
ЭЭГ и ЭМГ

Активность  
Сон, апное

Анализ и передача  
данных



# ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РАН



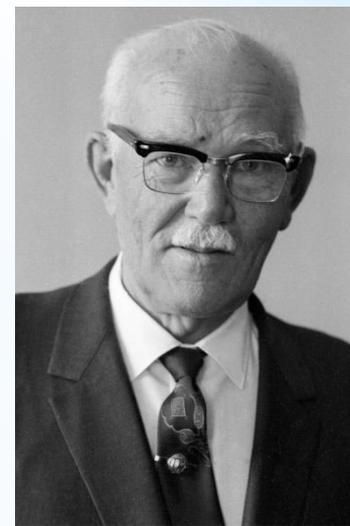
**был создан в 1963 г. как головное учреждение по проблемам космической биологии и медицины.**

## ИМБП отвечает за:

- медико-биологическое обеспечение пилотируемых космических полетов;
- организацию и проведение медико-биологических научных исследований и экспериментов на российском сегменте МКС;
- организацию и проведение биомедицинских и биотехнологических экспериментов на автоматических космических аппаратах (серии "БИОН-М");
- организацию и проведение комплексных наземных экспериментов, закладывающих основу обеспечения медико-биологической поддержки будущих межпланетных экспедиций, в том числе на Луну и Марс.



Институт медико-биологических проблем (ИМБП) создан в 1963 г. по инициативе академиков М. В. Келдыша и С.П. Королева с целью проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по медико-биологическому обеспечению пилотируемых космических объектов и фундаментальных исследований в области космической биологии и медицины.



В различные годы Институт возглавляли академики А.В. Лебединский, В.В. Парин, О.Г. Газенко, А.И. Григорьев, И.Б.Ушаков, в настоящее время директором является академик РАН Орлов О.И.



# Факторы космического полета

## 1 группа:

Физические характеристики  
космического пространства

Барометрическое давление

Космическое излучение

Метеорные тела

Температура

## 2 группа:

Динамика полета

Вибрация

Шум

Ускорение

Невесомость

## 3 группа:

Длительное пребывание  
в условиях кабины  
космического корабля

Микроклимат кабин

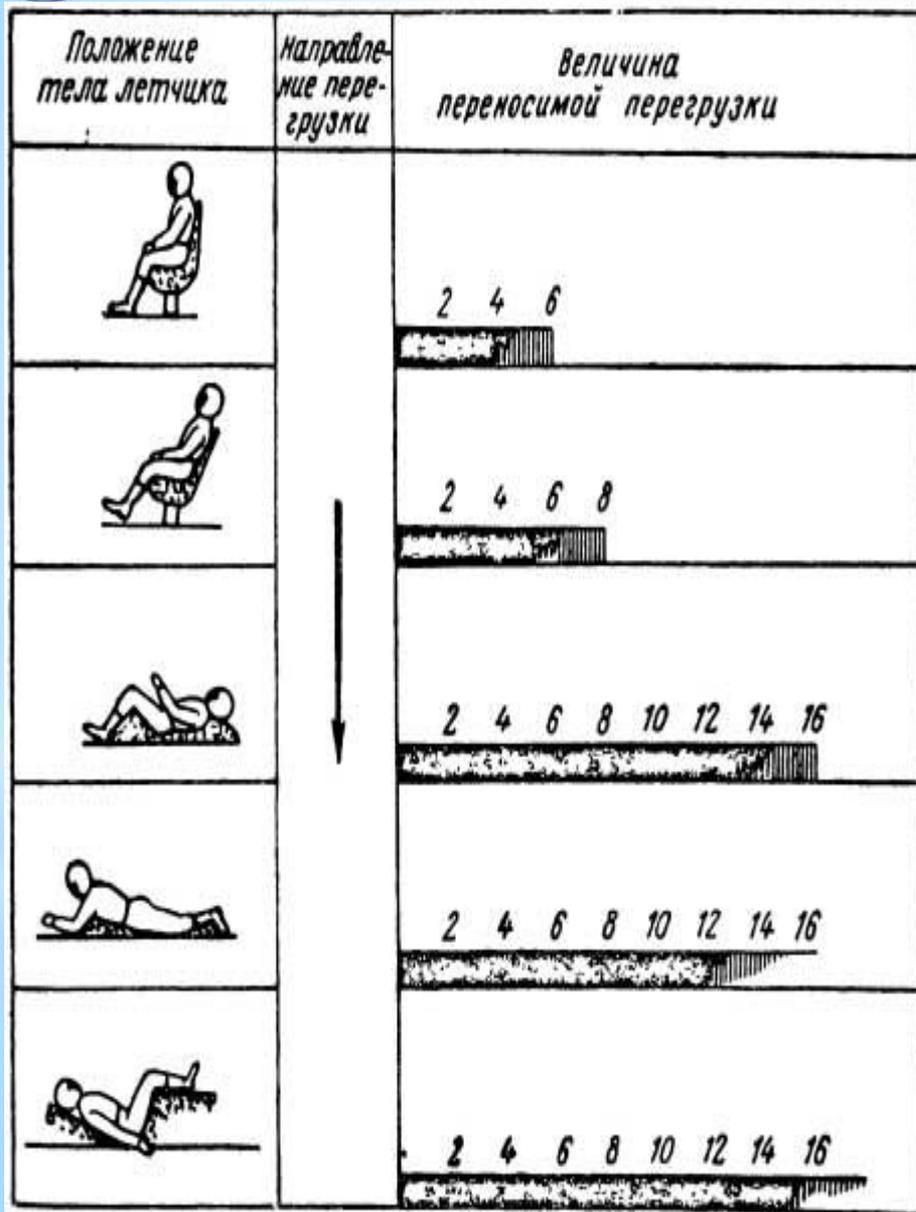
Длительная изоляция

Изменение  
суточной периодики

Совместимость  
членов экипажа

# Перегрузки

Все живые организмы испытывают воздействие земного притяжения (гравитации). При перемещении человека в пространстве с большим ускорением его организм испытывает перегрузки. Они возникают при выполнении различных физических упражнений, наибольшие перегрузки возникают при полетах на самолетах и космических ракетах.



1 g



15 g в течение 0,6 с.



22 g

Обычный человек может выдерживать перегрузки до 15 g около 3 - 5с без потери сознания. Перегрузки от 20 - 30g и более человек может выдерживать без потери сознания не более 1 - 2 секунд и зависимости от величины перегрузки.





- Вытягивание позвоночника
- Сокращение мышечной массы
- Одутловатость лица
- Уменьшение плотности костной ткани
- Изменения глаз
- Иммунитет
- Нарушение цикла сна
- Нарушение координации
- Изменение обоняния и вкуса
- Изменения в системе пищеварения

Профилактика: ЦКР

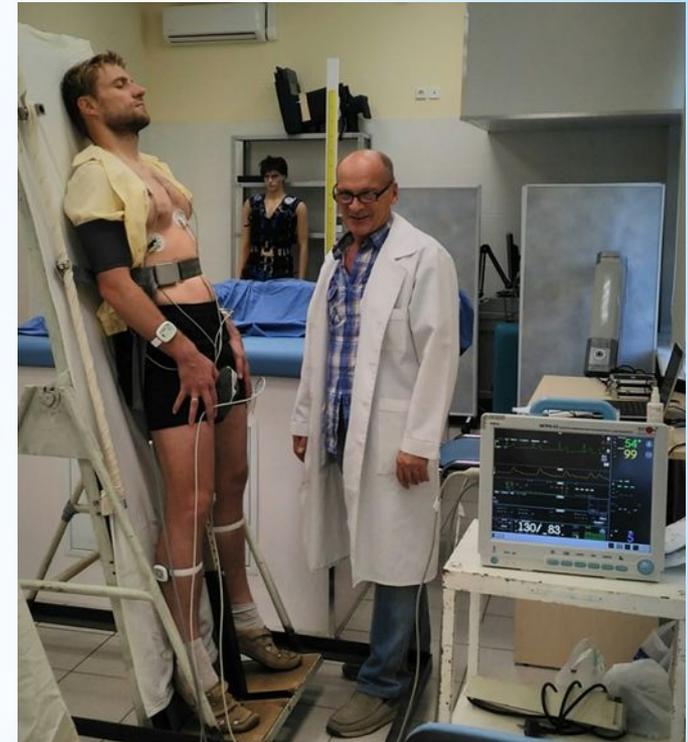


## НЕВЕСОМОСТЬ





# Эксперимент «Сухая иммерсия» 21 день 8 испытуемых



Дни проведения ТИЛТ-теста

До СИ

7 сутки

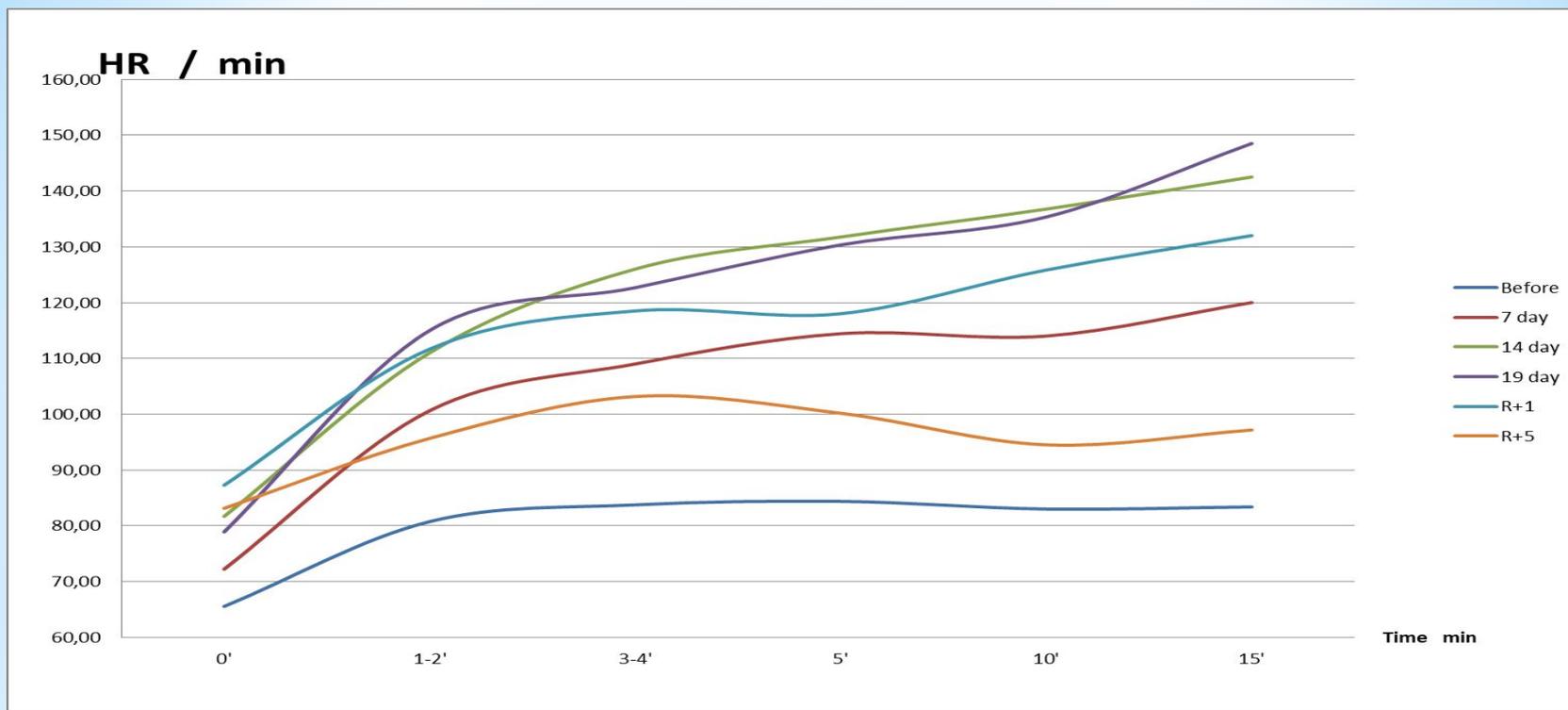
14 сутки

19 сутки

После СИ



# Результаты ТИЛТ-теста



Immersion	TILT-test horizontal position	vertical position (min)		
		5	10	15
Before	66 ± 7	84 ± 7	83 ± 8	84 ± 8
7 day	72 ± 6	<b>114 ± 12 *</b>	<b>114 ± 11 *</b>	<b>120 ± 9 *</b>
14 day	82 ± 13	<b>132 ± 15 *</b>	<b>137 ± 16 *</b>	<b>143 ± 14 *</b>
19 day	79 ± 16	<b>130 ± 19 *</b>	<b>135 ± 17 *</b>	<b>149 ± 7 *</b>
After +1	<b>87 ± 17</b>	<b>118 ± 18 *</b>	<b>126 ± 18 *</b>	<b>132 ± 20 *</b>



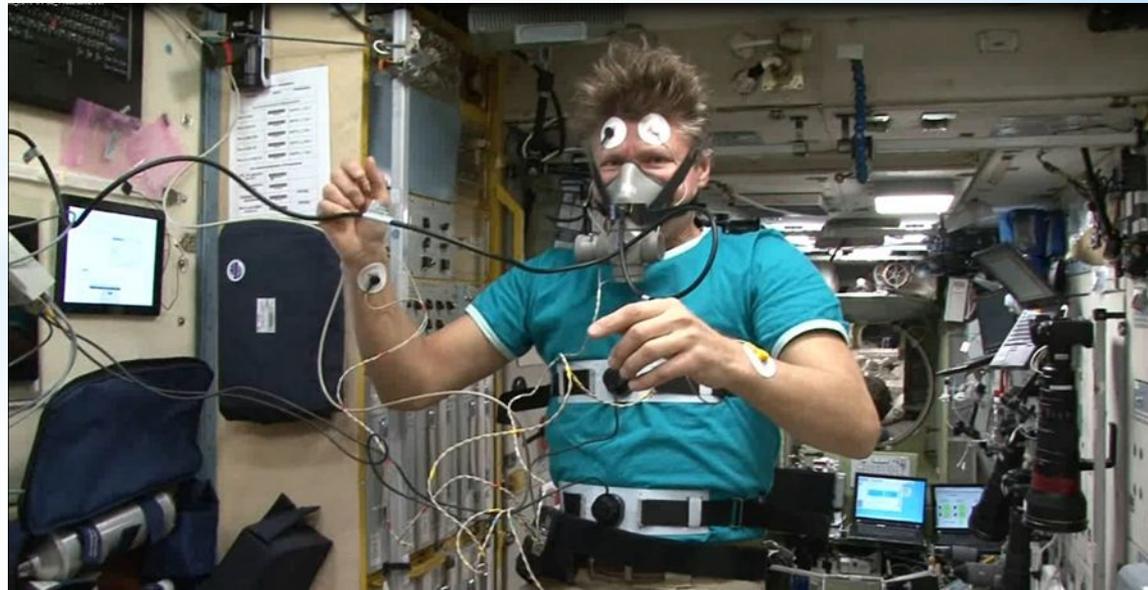
# Профилактика эффектов невесомости

Комплект "Чибис" предназначен для создания разрежения на нижней части тела человека и продольной нагрузки на его опорно-мышечный аппарат

Проведение КЭ «УДОД» в условиях космического полёта на МКС с одновременным использованием комплекта «Дыхание-1» и «Спрут-2»



-5 см вод.ст.  
-10 см вод.ст.  
-15 см вод.ст.  
-20 см вод.ст.





# Радиация

## МКС.

Космонавты за сутки получают дозу радиации в 200 раз больше, чем человек на Земле. Если сравнивать с медицинским рентгенографическим исследованием, то окажется, что суточная доза радиации космонавта — 0,6 миллизиверта — это 5-6 сеансов обследования грудной клетки.

## Профилактика:

Время полета.

Стенки корабля.

Защитная шторка — это «матрас» с космическими салфетками — марлевой тканью, пропитанной водой и запаянной в полиэтиленовый мешок.

Медикаментозная защита.

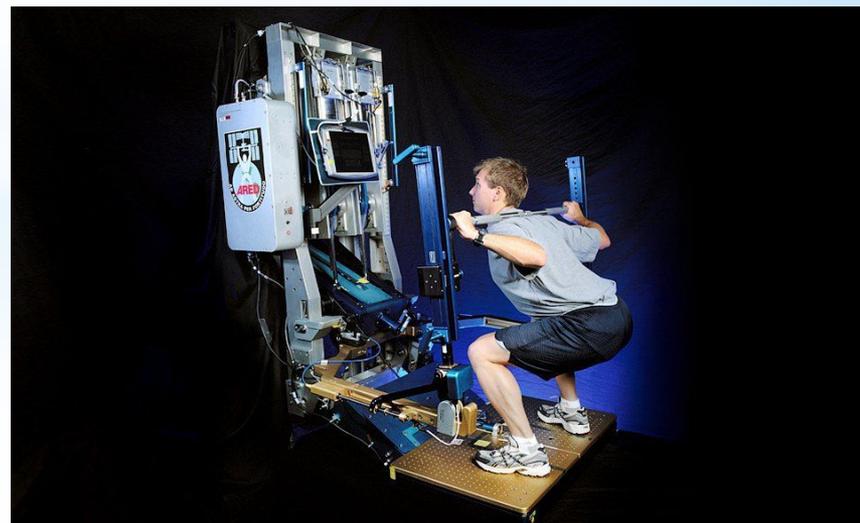
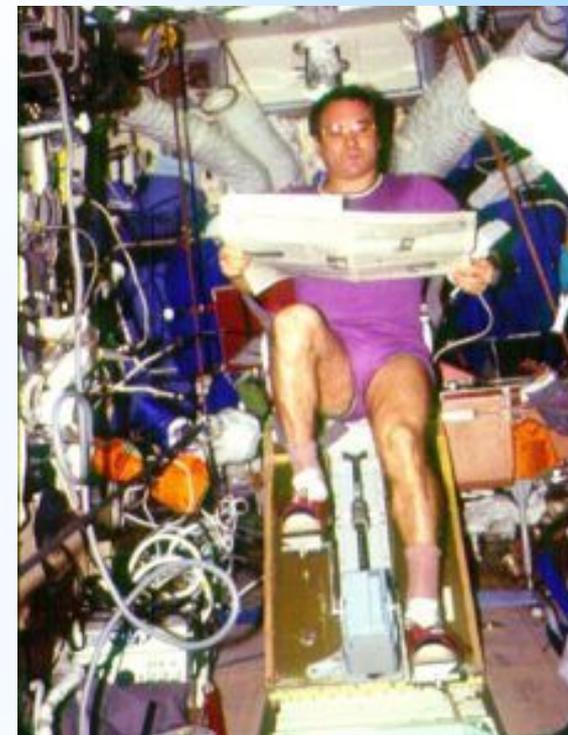


Аполлоны имели всего 25 мм алюминия, а командный модуль дополнительно защищала сталь, толщиной от 18 до 69 мм. Лишь удача уберегла NASA от провала и трагедии: время, выбранное для запуска миссии, по счастливой случайности, совпало с «солнечным циклом». Такой цикл чередует в себе времена роста и спада солнечной активности, происходящие примерно с интервалом в 11 лет. NASA повезло, что запуск программы совпал с периодом спада....



# Гипокинезия и ее профилактика.

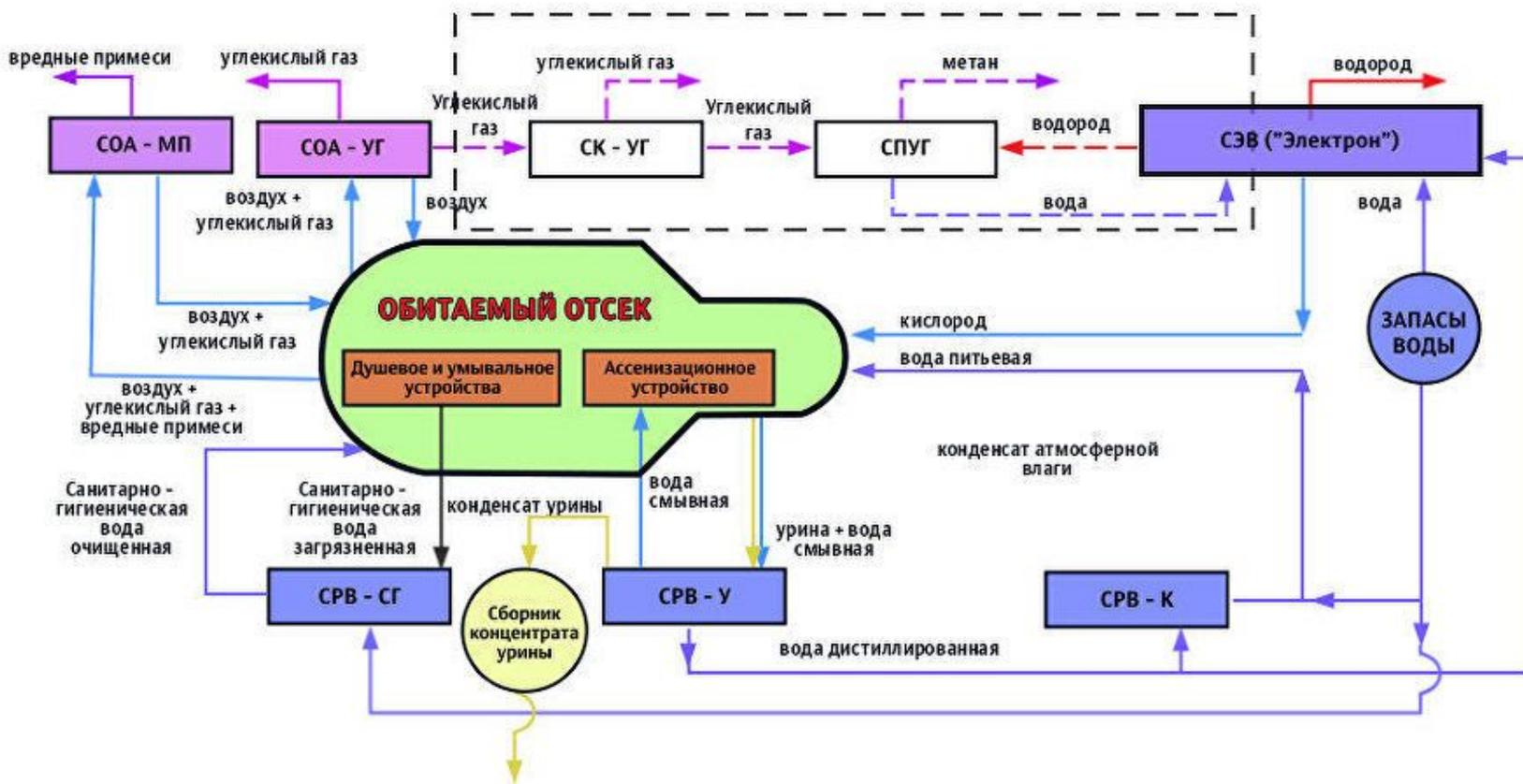
## Роль врачей и физиологов





# Искусственная атмосфера и Микроклимат

Структурная схема комплекса регенерационных СЖО космической станции

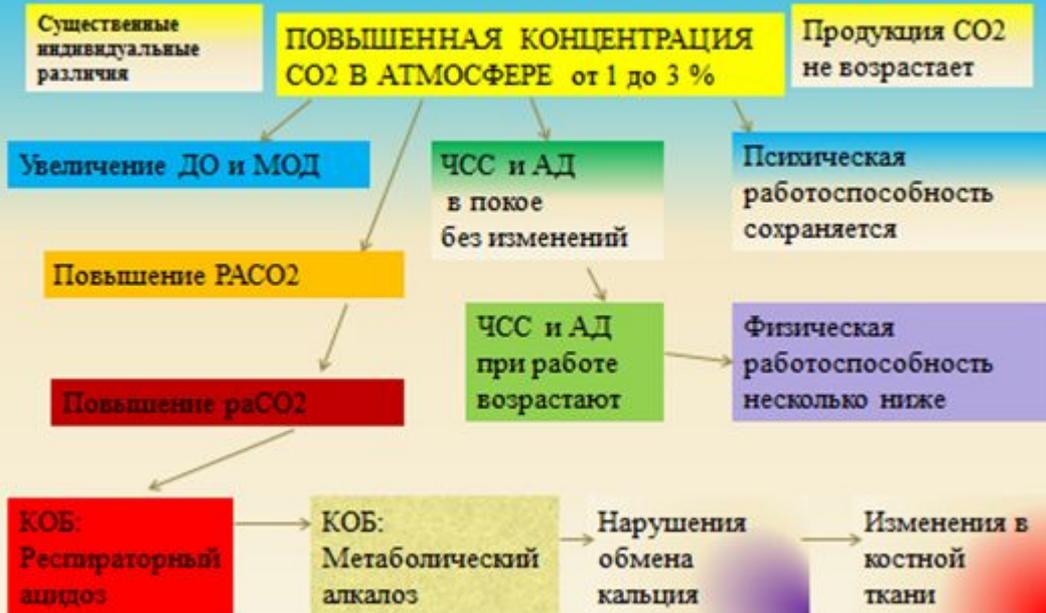




# Искусственная атмосфера и Микроклимат

MARS 500

## Схема влияния повышенных концентраций CO<sub>2</sub> на организм



"Биос-3", "Биосфера-2" и "Юэгу-1", это советский, американский и китайский проекты замкнутых биологических СЖО.

«Юэгу-1» «20 мая завершилось первое длительное испытание в наземной экспериментальной установке на лунной базе «Юэгу-1» (Yuegong-1), разработанной Пекинским университетом авиации и астронавтики. Три члена экипажа «Юэгу-1» провели в закрытом пространстве 105 дней». 15% белковой диеты экипажа составляли черви, растения 30-40% общей диеты, вода и воздух были замкнуты на 99%.





# ВКД

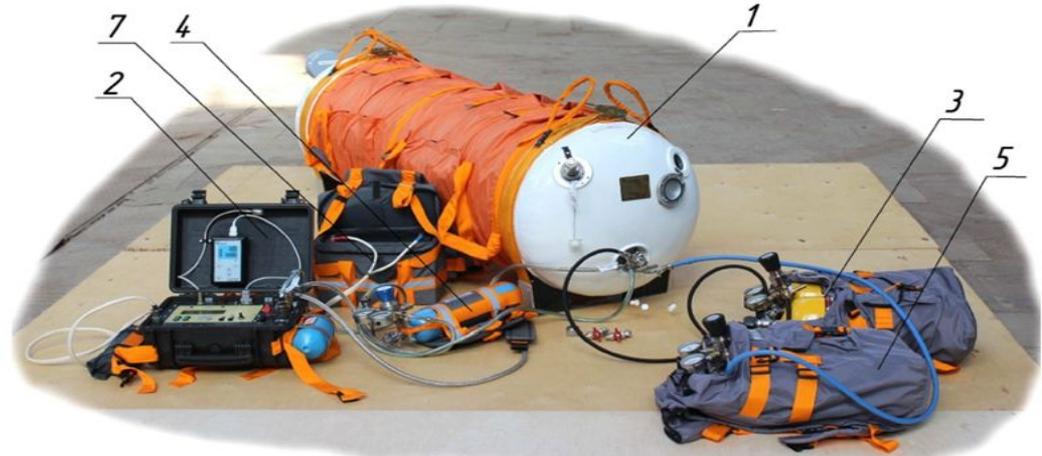
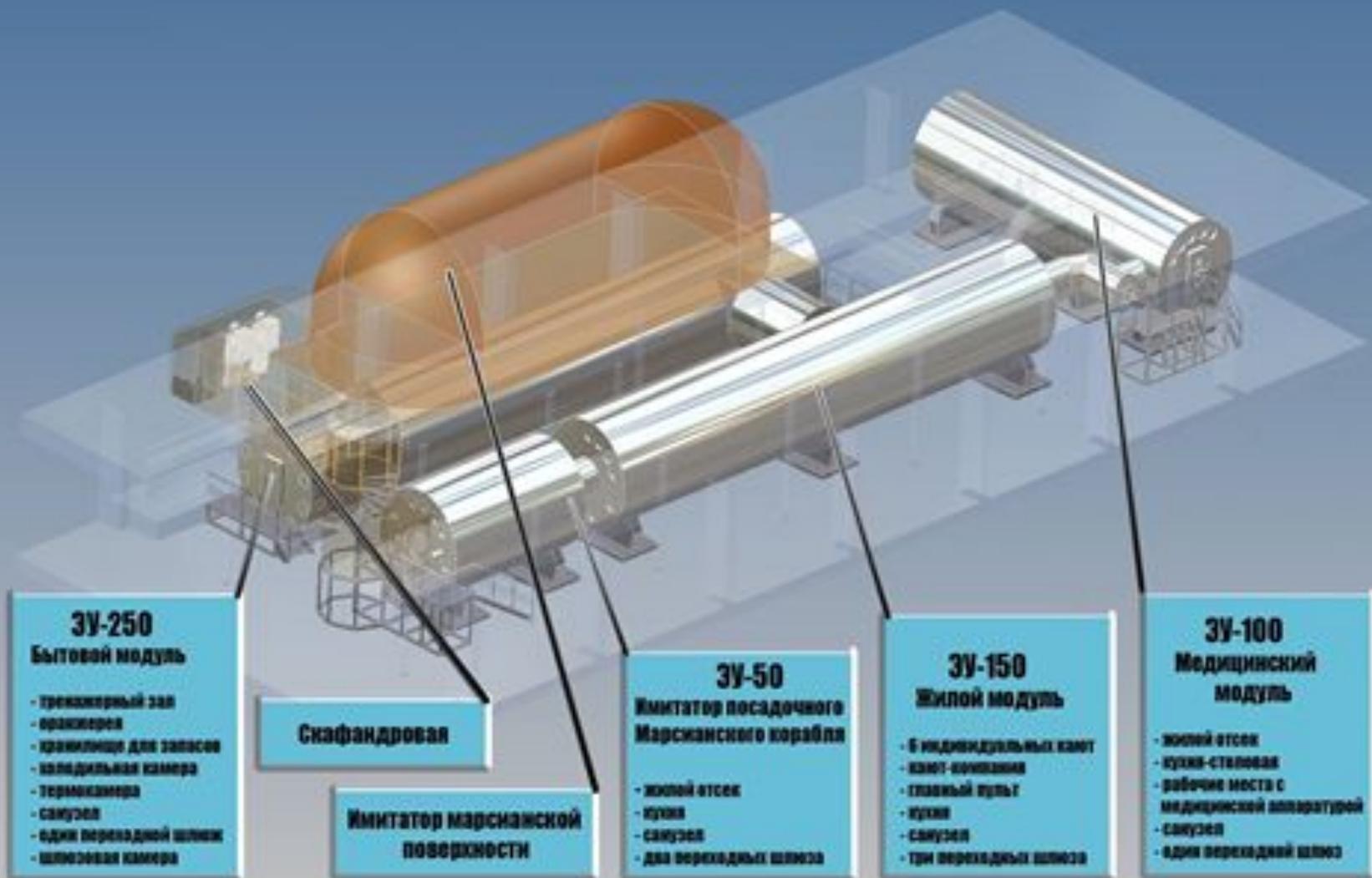


Рисунок 1 Барокамера водолазная транспортировочная складная "Кубышка", дооборудованная СДС(К). Общий вид  
1- барокамера; 2 – пульт управления; 3 – система обеспечения воздухом; 4 – система обеспечения кислородом; 5 – система обеспечения кислородом СДС(стационарная, при транспортировании не используется), 7 – блок питания..

# НАЗЕМНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС





# Наземные изоляционные эксперименты

Целью экспериментов «Марс-105» и «Марс-500» являлось изучение взаимодействия в контуре «человек - окружающая среда» и получение экспериментальных данных о состоянии здоровья и работоспособности человека, находящегося в условиях изоляции в герметично замкнутом пространстве ограниченного объема при моделировании основных отличий и ограничений, присущих марсианскому полету. (сверхдлительность, автономность, лимитированность ресурсов, невозможность оказания экстренной медицинской и психологической помощи, деятельность на поверхности осваиваемой планеты и др.)

*В эксперименте участвуют 6 практически здоровых добровольцев (4 российских и 2 представителя ЕКА)*

Состав экипажа:

Командир

Бортинженер (заместитель командира)

Врач экипажа

Космонавт-исследователь (пилот посадочного модуля)

Космонавт-исследователь (врач)

Космонавт-исследователь (специалист по работе на поверхности Марса)





# Марс-500

# Программа экспериментов

Направления исследований	Количество проектов			Всего
	Российские проекты	Иностранные проекты		
		ЕКА	Другие страны	
Физиологические исследования	17	3	6	26
Психологические и психофизиологические исследования	16	7	3	26
Клинические и лабораторно-диагностические исследования	24	3	7	34
Санитарно-гигиенические и микробиологические исследования	7	1	-	8
Операционно-технологические эксперименты	10	1	0	11
<b>Всего</b>	<b>74</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>105</b>

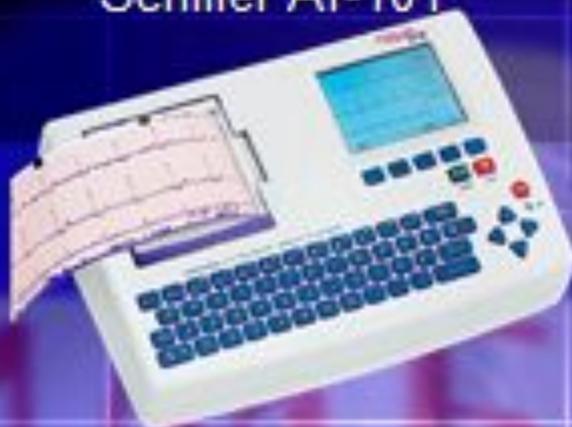


# Стандартные телемедицинские приборы

ECG-Holter  
GE CM3000



ECG  
Schiller AT-101



BP-Monitor  
GE Tonoport V



Mobile ECG  
Telozo Clue Medical



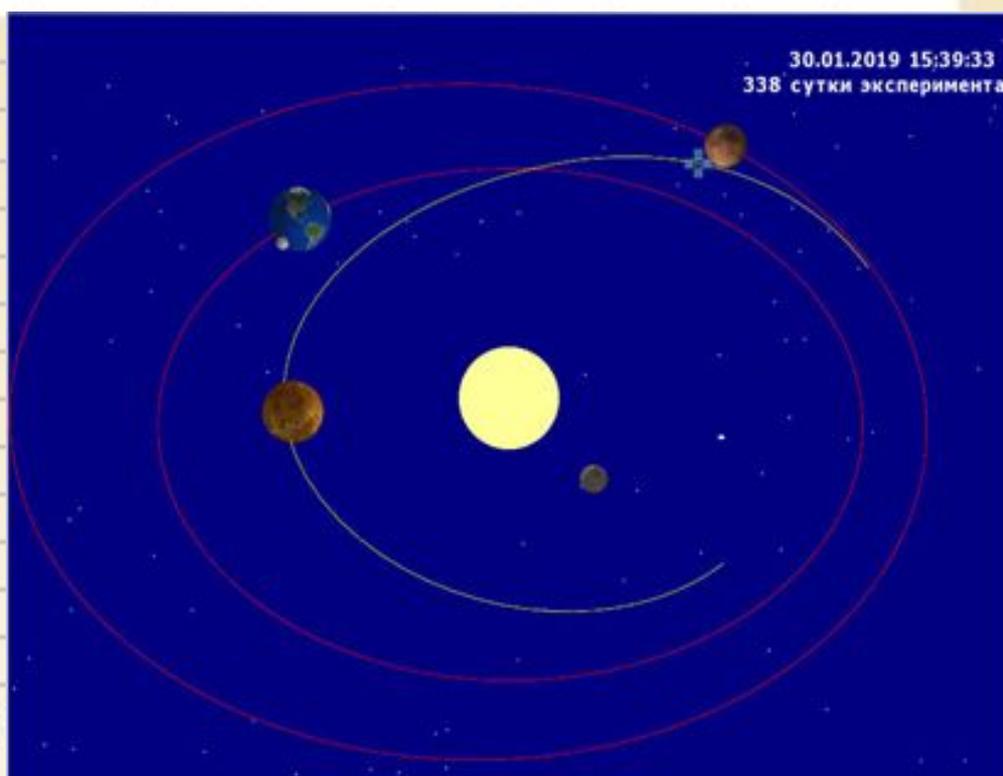
Dermo-Ophtalmo-Otoscop  
AMD-400/2015-2030





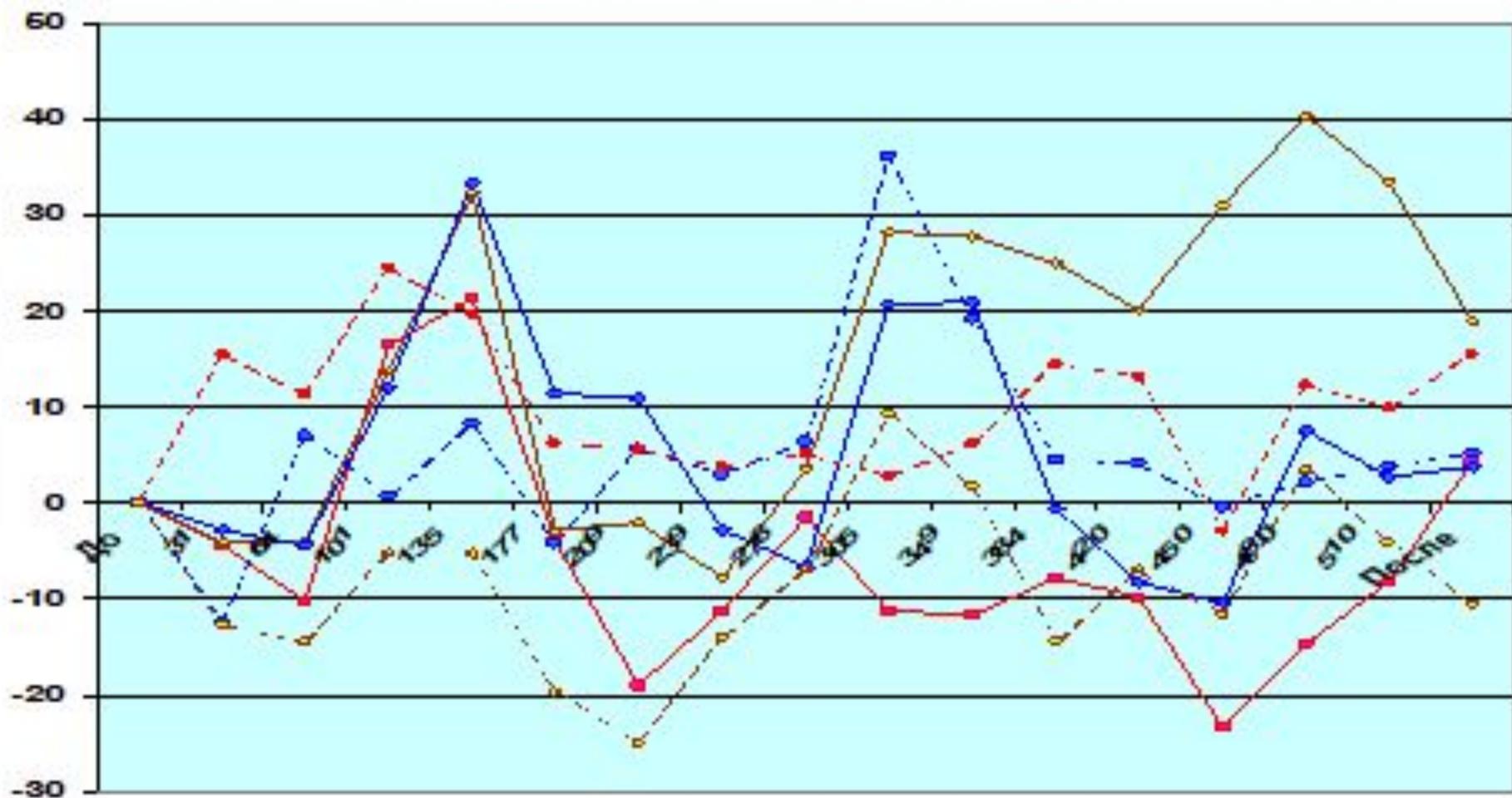
# Физические тренировки

(по данным Е. Фоминой)



# Результаты велоэргоспирометрии

Физическая работоспособность по тесту PWC 170 в %  
 до, во время и после 520-суточной изоляции  
 (0 - исходные фоновые значения, принятые за 100%)





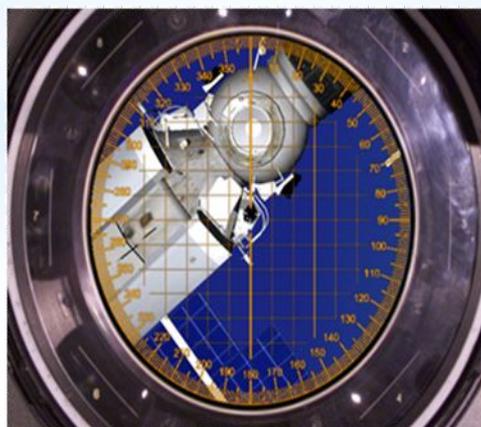


# ПРОГРАММА экспериментальных исследований «SIRIUS-18/19»



Цель эксперимента: проведение научно-исследовательских работ для решения фундаментальных и прикладных задач космической физиологии, биологии и медицины при моделировании некоторых факторов космического полёта в условиях 4-х месячной изоляции смешанного экипажа в гермообъекте с искусственной средой обитания.

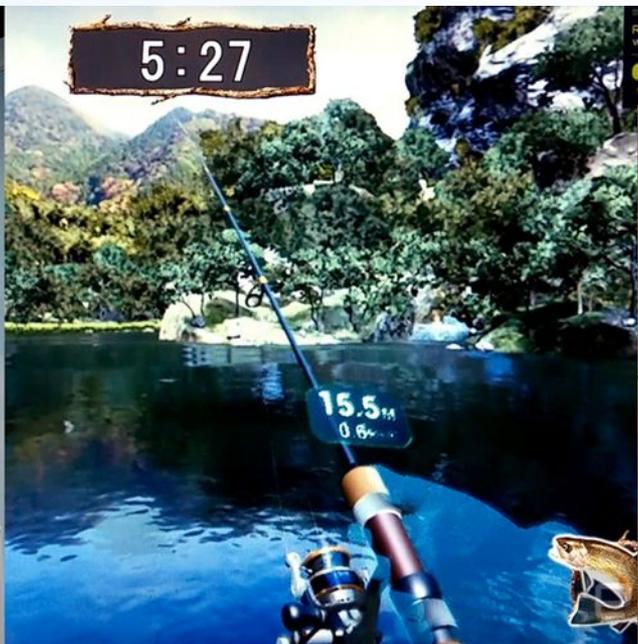
Полет к Луне экипажа из 6 обследуемых (3 мужчины и 3 женщины) и стыковка с орбитальной лунной станцией: 3+7 суток. Орбитальный полет - 7 дней  
Высадка на Луну экипажа из 4 обследуемых (2 мужчины и 2 женщины) - до 10 суток. Старт с поверхности планеты, стыковка с орбитальной станцией.  
Орбитальный полет - продолжительность 4 недели. Полет к Земле экипажа из 6 обследуемых (3 мужчины и 3 женщины) : 3+7 суток





# РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

Использование виртуальной реальности для создания комплексного интерактивного видеоряда, компенсирующую сенсорной депривацию, монотонию и феномен “отрыва”.



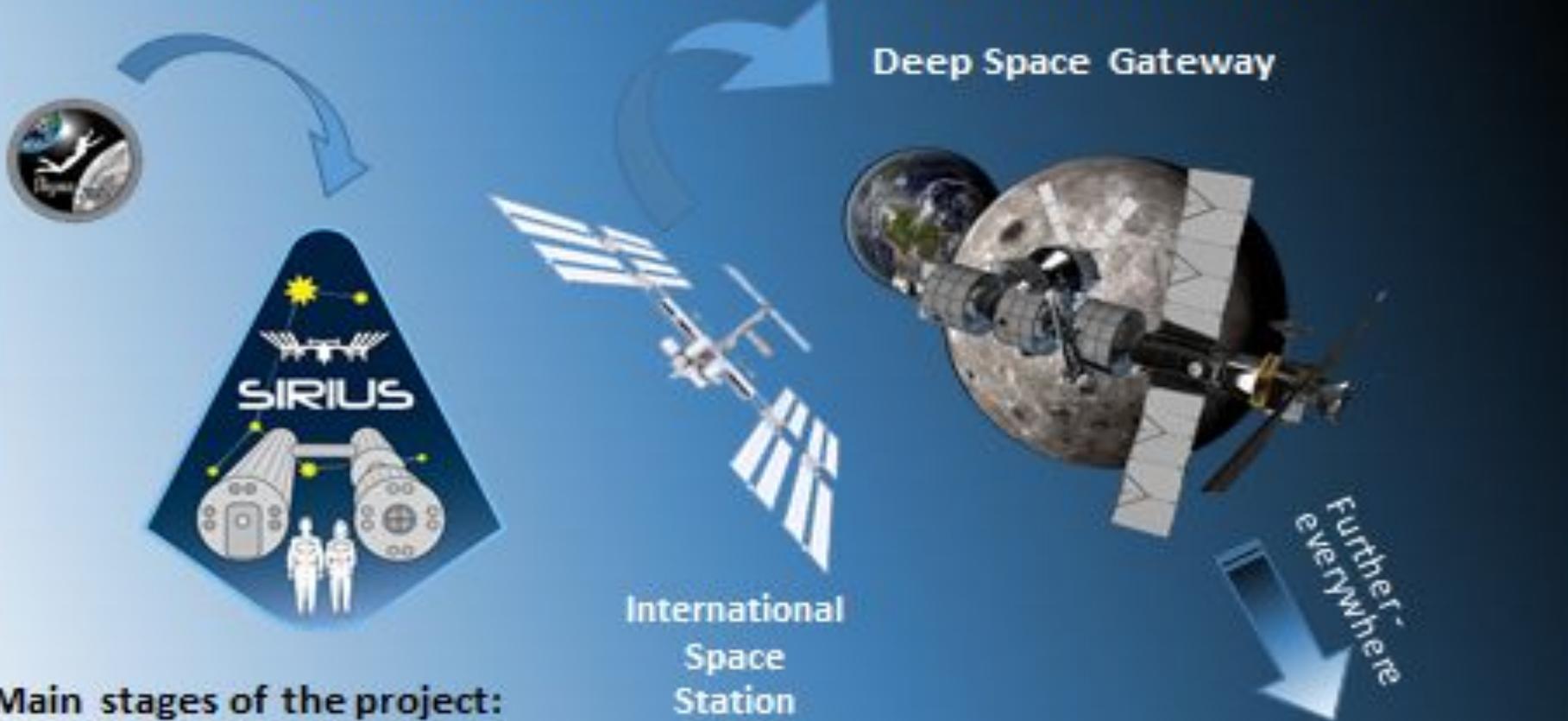


# SIRIUS



## Scientific International Research in Unique Terrestrial Station

Ground-based experiments – through ISS to deep space

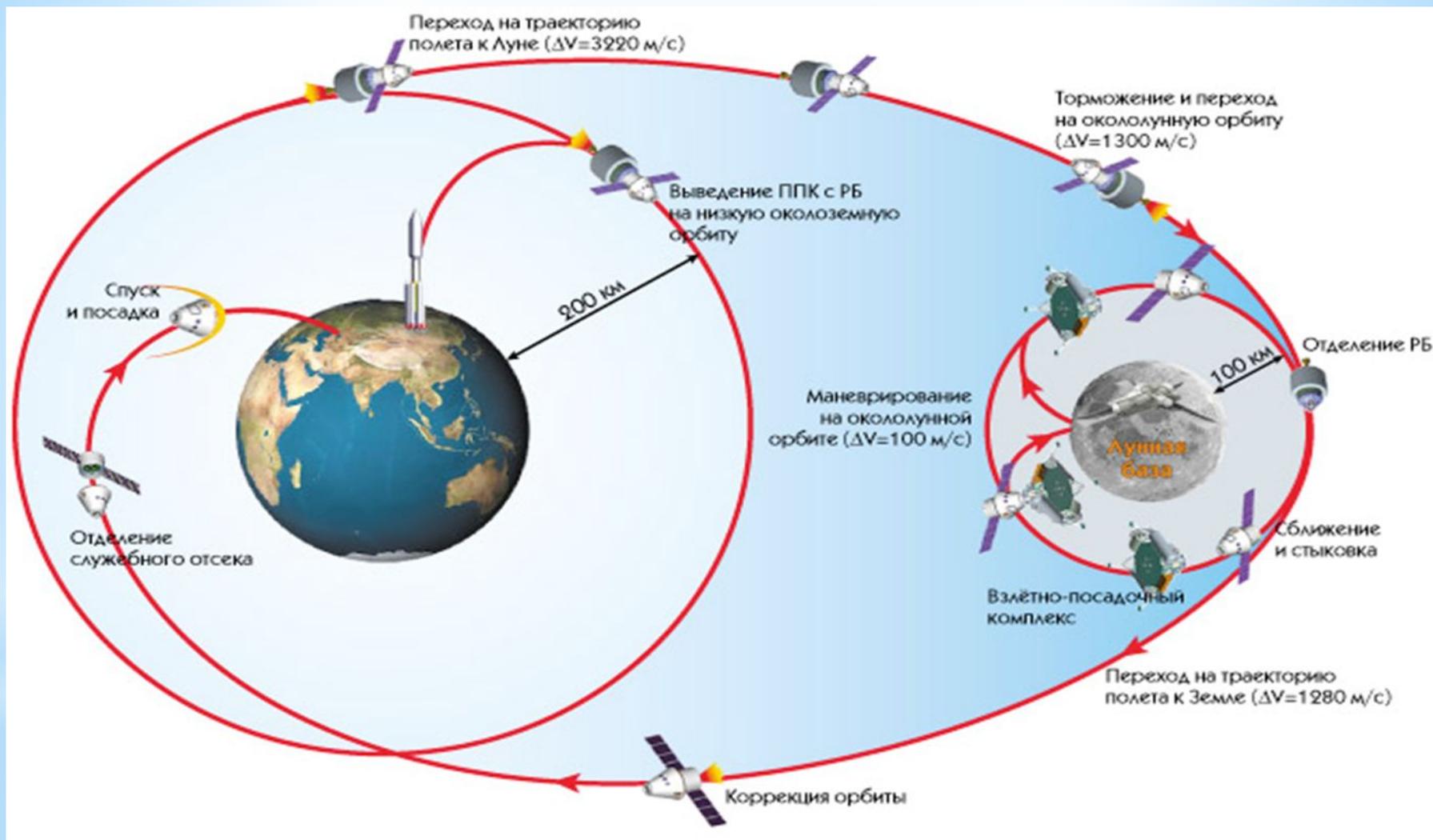


### Main stages of the project:

- Nov 2017: 17-day isolation
- 2019: 4-month isolation
- 2021: 8-month isolation
- 2022-2023: 1-year isolation

Invitation to cooperate

# Сценарий полетов на Луну





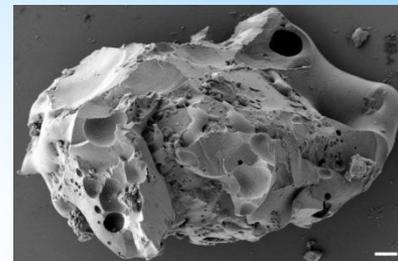
# SIRIUS-20/21



Направление исследований	Российские проекты и проекты международных участников	HRP NASA	Всего
Психологические и психофизиологические исследования	24	5	29
Физиологические исследования	24	1	25
Исследования иммунитета	3	1	4
Метаболические, биохимические и молекулярно-биологические исследования	5	0	5
Телемедицинские исследования	1	0	1
Санитарно-гигиенические и микробиологические эксперименты	6	0	6
<b>Итого</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>70</b>



# Лунная Пыль



Длительное воздействие лунной пыли может ухудшить работу дыхательных путей и легких. И спровоцировать болезни, подобные обыкновенному бронхиту. Об этом говорится в новом исследовании, опубликованном в GeoHealth Университетом штата Нью-Йорк. Пыль также может вызвать воспаление легких, увеличивая риск развития рака.

Лунный грунт не похож на почву на Земле. Крайне важно отметить, что Земля имеет защитную атмосферу, а Луна – нет. Поэтому лунный грунт миллиарды лет подвергался воздействию заряженных частиц. Они испускаются Солнцем, и известны как солнечный ветер. При попадании на поверхность Луны солнечные частицы электростатически заряжают лунный грунт. Поэтому он становится «липким», подобно тому, как натертый воздушный шар прилипает к волосам.

Ученые знают о необычных свойствах лунного грунта достаточно давно. Во время посадки на Луну в ходе миссии «Аполлон-11» астронавты отметили, что «частицы покрывали все, а пятна оставалось даже после наших самых усиленных попыток их отмыть». Пыль имела «отчетливый острый запах, подобный запаху пороха. Это было обнаружено после снятия шлема». В то же время астронавты «Аполлонов» не страдали серьезными заболеваниями от лунной пыли. И это могло быть связано с тем, что время их пребывания на лунной поверхности было относительно небольшим.

«Если на Луну начнут совершаться регулярные экспедиции, которые предполагают пребывание исследователей там в течение недель, месяцев или даже дольше, вероятно, нам не удастся полностью устранить существующие риски», – заявил Брюс Демпл, биохимик из Стоуни Брук, являющийся главным автором работы, говорится в заявлении для прессы.

В проведенном исследовании были изучены человеческие клетки легких и мышинные клетки мозга. На них производилось воздействие образцов почвы, имитирующих лунную пыль. Команда выращивала клетки в контролируемых условиях. И затем добавляла к ним измельченный порошок, имитирующий лунную пыль.

## Результаты исследования

То, что было обнаружено исследователями, развеяло всякие сомнения. Пыль уничтожала клетки легких и мышей до 90% от их общего числа. В случае клеток легких человека ущерб был слишком катастрофическим для того, чтобы его можно было полностью оценить. Симулированная лунная пыль повредила клетки даже на уровне ДНК.

Свойства лунной пыли, которые делают ее опасной для дыхания, также заставляют ее цепляться за все что можно. Это означает, что будет трудно полностью предотвратить ее попадание в органы дыхания. Это дополнительный вызов для инженеров, которые будут создавать среду обитания на Луне.



# Гипомагнитные условия

Весьма противоречивые литературные данные : от минимальных эффектов до катастрофы и панического настроения - лететь нельзя

В ИМБП в 2019 году проведены первые собственные исследования на практически здоровых мужчинах

Выявлены небольшие изменения, касающиеся регуляторных механизмов и очень слабые изменения в уровне метаболических процессов

Впереди новые исследования на животных и с участием человека: более продолжительные и более тонкие.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время сформулированы основные риски, связанные с длительными космическими полетами.

Для снижения рисков требуется их системное изучение и разработка мероприятий профилактического характера.

Вновь на первый план выходят психологические проблемы и мероприятия по психологической поддержке с учетом полной автономности.

Усиливается роль телемедицины, минимизации или оптимизации методов диагностики состояний космонавтов с последующей автоматизацией постановки диагноза, а, возможно, и лечения.

Возрастает значение микробиологического контроля и санитарно-гигиенических мероприятий с учетом ограниченности ресурсов.

Появляется острая необходимость в изучении механизмов влияния новых ранее не рассматриваемых факторов космического полета на организм.



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**