

Секция 20

Космическая биология и медицина**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА НОВОГО ЭКСПРЕСС-МЕТОДА
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВНУТРЕННИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБИТАНИЯ ГЕРМЕТИЧНО ЗАМКНУТОГО ОБЪЕКТА
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ДЛИТЕЛЬНОЙ АВТОНОМНОЙ
ИЗОЛЯЦИИ**

*Ю.В. Супрунова, Н.Д. Новикова, К.В. Зарубина,
Н.А. Поликарпов, С.В. Поддубко*

ГНЦ РФ – ИМБП РАН novikova@imbp.ru

Необходимым условием автономной жизнедеятельности экипажа при осуществлении пилотируемой марсианской экспедиции является обеспечение санитарно-микробиологической безопасности среды обитания, что предусматривает поддержание оптимальных уровней микробной обсемененности воздуха, поверхностей интерьера и оборудования, постоянный и надёжный контроль за микробиологическими параметрами среды, наличие адекватных мер противомикробной защиты. В настоящее время для оценки санитарно-микробиологического состояния среды обитания человека в процессе орбитальных космических полетов разработаны соответствующие методы контроля и анализа, предусматривающие получение конечных результатов в лаборатории при возвращении экипажей на Землю. При осуществлении пилотируемых межпланетных экспедиций, включая автономную жизнедеятельность экипажа при полёте на Марс, в связи с отсутствием возможности отправки отобранных образцов на Землю, система мероприятий и методов обеспечения контроля и управления состоянием микробиологической обстановки на борту космического корабля должна обеспечить возможность проведения необходимых исследований и обработку полученных результатов непосредственно членами экипажа на борту космического аппарата.

Целью нашей работы являлось научно-методическое обоснование нового экспресс-метода микробиологического контроля за состоянием среды обитания герметично замкнутого объекта применительно к условиям длительной автономной жизнедеятельности экипажа.

В настоящее время разработан метод микробиологической экспресс-диагностики внутренних поверхностей герметично замкнутых объектов (метод отпечатков) и создан образец оборудования – «Устройство экспресс-диагностики состава микрофлоры» в состав, которого входят контактные пластины диаметром 60 мм, изготовленные из прозрачного полимерного материала, выдерживающего многократные режимы стерилизации и мини-термостат, позволяющий инкубировать чашки с посевами непосредственно на борту герметично замкнутого объекта. Контактную пластину можно заполнять различными дифференциально-диагностическими и селективными средами для выделения бактерий и микромицетов.

Были проведены сравнительные исследования сопоставимости результатов анализа микробиологической обсеменённости поверхностей интерьера и оборудования с использованием штатной методики отбора проб с поверхностей и нового метода отпечатков в рамках 105-ти суточного биотехнического эксперимента по отработке и оценке систем жизнеобеспечения всех модулей медико-технического комплекса по проекту «Марс -500». Проведённое исследование показало высокую сопоставимость показателей микробиологической обсеменённости, полученных с использованием штатного метода смывов с поверхностей и нового экспресс-метода отпечатков. Так как информативность обоих методов одинакова, а метод контактных отпечатков более прост в применении и может быть использован непосредственно на борту космического аппарата, очевидно, его преимущество по сравнению со штатным методом смывов с поверхности.

**ИССЛЕДОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ 105-СУТОЧНОГО НАЗЕМНОГО
МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА РАЗЛИЧНЫХ АСПЕКТОВ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРАНЖЕРЕИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ МАРСИАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ**

*А.Г.Кареткин, М.А.Левинских, О.Б.Сигналова,
Т.А.Дерендяева, Е.Л.Нефедова*

ГНЦ РФ – ИМБП РАН novikova@imbp.ru

В условиях длительного космического полета, при большой отдаленности от биосферы Земли, по мнению многих специалистов, на борту межпланетного корабля необходимо наличие витаминной оранжереи. В рамках подготовки межпланетной миссии на базе Института Медико-биологических проблем состоялся 105-суточный эксперимент с изоляцией 6 членов экипажа по отработке систем жизнеобеспечения

предполагаемой экспедиции. Одним из элементов этой системы являлся оранжерейный отсек, в котором размещались и функционировали две производственные оранжереи.

Задача данного исследования состояла в комплексной оценке функционирования оранжерей в условиях обитаемого гермообъема, в частности, изучение роста и развития высших растений, отработка технологии их культивирования и определение психологического значения оранжереи в жизнедеятельности экипажа.

Для исследования использовались разновозрастные посевы овощных растений редиса, мизуны, лука-севка, листовой капусты, гороха, томатов, перца, а также зерновой культуры – пшеницы и зернобобовой – гороха для биоиндикационной оценки качества воздушной среды гермообъема. Растения выращивали в пластиковых сосудах, объемом 3 л на субстратах турфейс, серамис и агроперлит с добавлением удобрений пролонгированного действия Osmocote. Варианты (24 кюветы) группировались по чувствительности к длине дня и размещались соответственно в оранжерейных установках, в одной из которых был выставлен фотопериод, а в другой – непрерывное освещение. Облученность $140 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ на уровне посевной поверхности обеспечивалась люминесцентными лампами ЛД-80. Полив проводился дистиллированной водой методом неограниченной капиллярной подпитки. Фиксировали параметры среды обитания (температура и влажность воздуха, уровень O_2 и CO_2) с помощью 4 штатных датчиков, расположенных в оранжерейном отсеке на уровне 1,5 м от пола.

В результате эксперимента установлено, что в условиях замкнутого гермообъема с экипажем из 6 человек возможно получение полноценной биомассы растений для ежедневного пополнения рациона питания. Выявлено существенное снижение семенной продуктивности растений гороха и пшеницы при выращивании в модельном эксперименте по сравнению с контролем: 4 горошины против 52 и 167 зерен против 530, что свидетельствует, возможно, о неблагоприятном составе воздушной среды обитания для роста и развития данных растений. В 105-суточном эксперименте апробированы три методики исследования системы «оператор-оранжерея-растения» в зависимости от личностных характеристик испытуемых: анализ видеозаписей работы и общения членов экипажа с растениями, запись частоты контактов экипажа с растениями по количеству подъема шторки и анкета-опросник.

**ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОКОМОЦИЙ
ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ****А.В.Шпаков****ГНЦ РФ – ИМБП РАН**alexsei_mbp@mail.ru

Длительное пребывание в условиях микрогравитации изменяет биомеханические свойства двигательного аппарата: атрофия и атония мышц уменьшают масс-инерционные характеристики звеньев ноги, снижают рессорные свойства стопы и суставов (Чекирда И.Ф., Еремин А.В., 1974; Зациорский В.М., Сирота М.Г., Прилуцкий Б.И. и др., 1985). Сформированный в микрогравитационном окружении координационный навык, снижение силы мышц ног на 30-40%, а также нарушение вертикальной устойчивости приводят в послеполетном периоде к изменениям кинематики и электрической активности мышц.

Определение изменений кинематических и электромиографических параметров локомоций позволяет выявить «слабые» элементы биомеханической системы нижней конечности, например, мышечные группы, испытывающие в условиях микрогравитации наибольший дефицит сократительных свойств. Выявление биомеханических отличий нормальной ходьбы от ходьбы в период адаптации к гравитации, поможет внести целенаправленные изменения в систему бортовой профилактики.

Цель работы состояла в выявлении локомоторных нарушений после длительных космических полетов (КП).

Исследование проведено с участием космонавтов участников длительных экспедиций на Международную космическую станцию (5 человек, мужчины в возрасте от 35 до 47 лет). Длительность КП составляла 191-199 суток. До КП, а также на 3, 7 и 10 сутки после посадки космонавты выполняли локомоторный тест, включавший ходьбу по жесткой опоре в темпе 90 шагов/минуту. Темп задавался метрономом. Космонавт проходил расстояние шесть метров приблизительно за шесть секунд ($\approx 3,6$ км/час). Таким образом, достигалось постоянство линейной скорости перемещения общего центра масс тела. Эксперимент повторяли 5 раз. Регистрировали ЭМГ мышц голени *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. soleus* поверхностными одноразовыми Ag/AgCl электродами («Skintact» типа 24:00F или F-301), которые располагали вдоль брюшка мышцы посередине между моторной зоной и сухожилием мышцы. Регистрировали RMS-сигнал ЭМГ, аппаратное интегрирова-

ние сигнала производилось в окне 10 мс с последующим его усреднением.

Анализ электромиографических параметров локомоций после КП выявил наличие двух групп, различающихся по направленности изменений. В первой группе, состоящей из трех космонавтов, совершивших КП впервые, наблюдалась тенденция к увеличению ЭМГ-активности мышц голени. Эти изменения были не достоверны. Однако у одного из космонавтов этой группы увеличение амплитуды ЭМГ сохранялось на седьмые послеполетные сутки (R+7). В *m. tibialis anterior* это увеличение в сравнении с предполетными данными составляло 17,8%, в *m. gastrocnemius medialis* 14,7%, в *m. soleus* 35,6%. Во второй группе, состоящей из космонавтов, совершивших КП повторно, увеличение ЭМГ-активности, а, следовательно, и электромиографической стоимости локомоторных движений было достоверным. К десятым послеполетным суткам (R+10) электромиографическая активность мышц голени восстанавливалась к величинам, близким к предполетным.

Сопоставление данных послеполетного обследования космонавтов, а также объёма и интенсивности физических тренировок на беговой дорожке TVIS (Treadmill Vibration Isolation System), позволило установить тесную взаимосвязь изменения электромиографических параметров послеполетных локомоций от объёма и интенсивности применяемых во время длительных КП режимов физических тренировок.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ТИПОЛОГИЯ»

Т.А.Ершова

ГНЦ РФ – ИМБП РАН antal@imbp.ru

Профессиональная деятельность космонавтов в космическом полете происходит под действием новых необычных факторов.

Установлено, что типологические особенности оператора и факторы окружающей среды могут влиять на качество и продуктивность выполнения профессиональной деятельности.

Космический эксперимент «Изучение типологических особенностей операторской деятельности экипажей МКС на этапах длительного космического полета» предназначен для установления объективных признаков типологических проявлений операторской деятельности, которые могут быть использованы для оценки актуального психического состояния, прогноза и коррекции качества выполнения профессиональных задач в условиях космического полета.

Для оценки психической работоспособности изучали сохранность навыка адаптивного биоуправления (АБУ) процессом синхронизации биоэлектрической активности коры головного мозга человека.

Моделировали логические и пространственные задачи с помощью компьютерных игр «Сапер» и «Тетрис» соответственно.

Перед полетом было проведено десять тренировочных занятий для выработки навыка АБУ и выполнения компьютерных игр.

В полете было проведено шесть сессий, первая из которых приходилась на период острой адаптации. Также было проведено два послеполетных обследования.

Результаты обследований, полученных в ходе экспедиции МКС-19,20 свидетельствуют о выработке навыков АБУ и выполнения компьютерных игр «Сапер» и «Тетрис» во время тренировочных занятий и успешном их воспроизведении при проведении тренировочных занятий.

Результаты полетных обследований свидетельствуют об определенном затруднении воспроизведения навыка АБУ в случае моделирования решения логических задач, чего не наблюдалось при решении пространственных задач.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ГИДР *HYDRA ATTENUATA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИНКУБАЦИИ И ГАЗОВОГО СОСТАВА СРЕДЫ

И.А. Ружичко, А.Р. Куссмауль, Б.Н. Павлов

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

irina.ruzhichko@gmail.com

Интерес к исследованиям влияния инертных газов на биообъекты обусловлен рассмотрением данных газов в качестве перспективных компонентов для создания искусственной атмосферы космических летательных аппаратов. *Hydra Attenuata*, благодаря простому строению и короткому периоду размножения, является одним из классических модельных объектов для оценки влияния измененных параметров среды на процессы размножения и регенерации. Данная модель может использоваться для исследования действия повышенных парциальных давлений растворенных в воде инертных газов, в частности аргона и криптона, на развитие и пролиферацию клеток.

В доступной литературе не найдено оптимальной методики для проведения подобных экспериментов. В связи с этим, для подбора оптимального режима содержания гидр в эксперименте были проведены

исследования по оценке влияния температуры и концентрации гидр в среде на скорость размножения.

По результатам проведенных исследований, условиями для проведения эксперимента по влиянию повышенных парциальных давлений растворенных в воде инертных газов на развитие и пролиферацию клеток *Hydra Attenuata* были выбраны следующие: температура инкубации 25-27°C; начальная концентрация 10 и конечная 30 гидр на чашку Петри.

Проведены эксперименты по влиянию растворенных в воде нормоксической и гипоксических кислородно-аргоновых газовых смесей на скорость размножения *Hydra Attenuata*.

**ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ КОСТЕОБРАЗОВАНИЯ
В ПЕРИОД ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА
В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ**

Д.В.Комиссарова, Т.С.Гурьева, В.Н.Сычев

gurieva@imbp.ru

С началом полетов человека в космос исследования влияния факторов космического полета на костную систему живого организма приобрели особую актуальность. Большинство подобных исследований проводились на взрослых особях животных, в том числе человека. В этих исследованиях было показано, что костно-мышечная система животного организма претерпевает значительные изменения в условиях невесомости. На основе этих исследований была создана система профилактики негативного влияния невесомости на организм человека, благодаря которой человек способен длительное время жить и работать на борту орбитальных станций. Однако все эти исследования проводились на взрослых особях животных, костно-мышечная система которых формировалась в условиях гравитации, поэтому особый интерес представляют исследования в условиях невесомости процесса костеобразования у эмбриона на всем этапе его развития.

В период с 1990 по 1999 года на орбитальном комплексе «Мир» было проведено 8 экспериментов по изучению влияния факторов космического полета на эмбриогенез японского перепела. Возможность успешного инкубирования яиц перепела и выведение птенцов, позволили приступить к изучению развития опорно-двигательного аппарата у эмбрионов птицы на всех этапах эмбриогенеза в условиях невесомости.

В данной работе представлены результаты исследования по потреблению и использованию кальция из скорлупы яиц для построения

скелета эмбрионами японского перепела, развившимися в условиях невесомости. Развитие процесса костеобразования у разновозрастных эмбрионов японского перепела изучалось на примере нижних конечностей, а именно, на бедренной и большеберцовой костях. Представленный опытный материал приведен в сравнении с экспериментальными данными, полученными в лаборатории.

Для изучения остеогенеза у разновозрастных эмбрионов японского перепела, развивавшихся в условиях невесомости, были проведены определения содержания золы в скорлупе яиц, оставшейся от инкубации. Результаты показали, что содержание золы в скорлупе яиц у разновозрастных эмбрионов на 4-е, 14-е и 16-е сутки инкубации было меньше, чем в лабораторном контроле на 1,34%, 4,27% и 3,13% соответственно. Это говорит о том, что процесс потребления макроэлементов из скорлупы был осложнен условиями инкубирования яиц. Анализ данных по содержанию кальция в золе скорлупы яиц японского перепела показал, что в полетной группе его меньше, чем в контроле, и на 10-и и 14-и сутки инкубации достоверно снизилось на 14% и 20,5%. По-видимому, это связано с замедленным процессом развития кровеносной системы у эмбрионов.

Известно, что потребление кальция или всасывание его из скорлупы зависит от возраста развивающегося эмбриона. Чем старше становились эмбрионы и тем быстрее они забирали из скорлупы кальций. Транспорт кальция из скорлупы к развивающемуся организму, производимый с помощью хориоаллантаидной мембраны, считается особой функциональной фазой. В норме содержание кальция в костях эмбриона плавно возрастает в период с 9 по 11 сутки инкубирования, а далее стремительно растет. Исследования эмбрионов из полетной группы в сравнении с эмбрионами из лабораторного контроля показали, что на 7 сутки развития в невесомости содержания кальция в костях нижних конечностей у полетных эмбрионов было ниже на 11,2%, на 10 сутки на 5,8%, на 14 сутки на 4,9%, а для 16 суток только на 1,5%. Однако, следует сказать, что хотя потребление кальция из скорлупы яиц и его содержание в костях эмбрионов японского перепела в условиях невесомости было снижено и процесс костеобразования шел с отставанием, к моменту выведения птенца кости его нижних конечностей практически не отличались по химическому составу от таковых у птенцов лабораторного контроля.

Таким образом, исследования показали, что в условиях невесомости процесс костеобразования проходит полностью, однако отдельные

его фазы имеют отличия от таковых в условиях гравитации. Выявленные изменения в процессе переноса кальция из скорлупы в кости эмбриона могут быть связаны с изменением скорости процессов эмбриогенеза на разных стадиях развития зародыша, однако эти изменения не выходят за пределы физиологической нормы.

**ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В
14-СУТОЧНОЙ И 105-СУТОЧНОЙ ИЗОЛЯЦИИ В РАМКАХ
ПРОГРАММЫ «МАРС-500»**

ГНЦ РФ-ИМБП РАН

П.С.Моргунов, К.С.Зарубина, Д.С.Царьков

class@imbp.ru

Медико-технический комплекс, где проводятся эксперименты с изоляцией по программе «Марс-500», состоит из 4 герметичных модулей. Каждый модуль имеет свою независимую систему жизнеобеспечения (поддержание газового состава, микроклимата, очистка воздуха от микропримесей, система терморегулирования, система очистки воды и пр.).

При проведении технического 14-суточного эксперимента в рамках проекта «Марс-500» был поставлен эксперимент по выращиванию растений. В медицинском модуле медико-технического комплекса, было установлено 2 оранжереи «МикроЛада». 2 вида растений (карликовый горох «Усатый» и салат «Мизуна»), были высажены в пористый субстрат. Освещение осуществлялось с помощью люминесцентных ламп, полив растений производился экипажем в соответствии с расписанием.

В течение эксперимента растения нормально росли и развивались. Было зафиксировано появления гриба на верхней части субстрата. Факт его роста и развития в оранжерее был связан с качеством поливаемой воды (вода из крана модуля) и плохим качеством атмосферы в медицинском модуле.

В 2009 году проводился второй этап проекта «Марс-500» (105-суточная изоляция). 2 экспериментальные установка с растениями находились в специально отведенной зоне модуля ЭУ-250. Система вентиляции оранжерейной зоны была дополнительно оснащена ионизатором воздуха. Суммарная посевная площадь оранжерей составляла 1 м². Освещение растений производилось люминесцентными лампами, полив осуществлялся дистиллированной водой, что исключило влияние воды на рост и развитие растений в течении эксперимента.

В экспериментальных установках выращивали редис, клубнику, карликовые помидоры, карликовый перец, салат, горох усатый.

В течение эксперимента рост и развитие растений проходили нормально. Однако, как и в 14-суточном эксперименте, на поверхности субстрата было зафиксировано появления мицелия гриба. Поскольку, при выращивании растений в 105-суточном эксперименте использовалась дистиллированная вода, появление грибной микрофлоры можно объяснить состоянием среды обитания в отсеке, где были расположены оранжереи с растениями. В работе дан анализ параметров среды обитания в зоне расположения оранжерей во время 105-суточного эксперимента. Показано, что во время эксперимента влажность воздуха колебалась в пределах от 40 до 68 %, температура от 17 до 25 С. Однако в связи с тем, что в зоне расположения оранжерей воздушные потоки не обеспечивали нормального режима вентиляции, влажностный и температурный параметры в зоне культивирования растений, могли существенно отличаться, что и провоцировало развитие грибной микрофлоры. Анализ данных по содержанию микропримесей в атмосфере показывает, что существенного роста вредных микропримесей за все время эксперимента не было. Исходя из анализа состояния параметров среды в зоне обитания растений, сделаны предложения по изменению вентиляционных потоков при подготовке основного эксперимента по программе «Марс-500».

ОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ТОКОВ В ВОДЕ

А.А.Артамонов, И.В.Федотова, В.В.Цетлин

ГНЦ РФ ИМБП РАН

V.tsetlin@mail.ru

В работе рассматриваются процессы протекания электрических токов в чистой воде, залитой в двухэлектродную ячейку, при малых напряжениях постоянного электрического поля, поданного на межэлектродный промежуток. Представлены и обсуждаются результаты длительных практически круглосуточных экспериментов по измерению тока. В экспериментальную установку входят две пары близких по устройству стеклянных электрохимических ячеек- с электродами из нержавеющей стали или со стандартными платиновыми электродами. Каждая пара электродов образует конденсатор с плоскопараллельными пластинами, помещенными в воду. Расстояние между пластинами составляло 2 см и не менялось на протяжении всего эксперимента. Напряжение на пластины подавалось от высоко стабилизированного

источника фирмы «Instec», а его величина выбиралась в пределах 1,5-2,5 В с целью создания малого перенапряжения. Как следствие токи в промежутке не превышали нескольких мкА и практически обеспечивалось квазистационарное состояние состава водной среды и исключался нагрев воды. Температура поддерживалась комнатной за счет теплообмена с воздухом лабораторного помещения либо в специальных случаях - за счет термостатирования (обычно при 25⁰С). Максимальное суммарное перенапряжение в эксперименте не превышало 350мВ.

В теоретической модели процесс протекания токов рассматривался как квазиравновесный термодинамический процесс в рамках применимости уравнений Нернста и Батлера-Фальмера. В качестве основных реакций электролиза воды рассматривались вблизи катода известные реакции восстановления водорода из молекул воды, на аноде- реакции окисления молекул воды. Для определения реакции ячеек были изучены вольтамперные характеристик воды в зависимости от условий модельного воздействия низкоинтенсивного ионизирующего излучения от бета-, альфа- и гамма- источников. Плотность энергии излучения не превышала 10нВт/см². Выбранная интенсивность излучения была близка плотности потока энергии электромагнитного и ионизирующего излучения в орбитальной космической станции МКС.

В докладе приведена методика расчета вариаций окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) воды, связанных с суточными, месячными и сезонными вариациями электромагнитных условий окружающей среды. Получены оценки ОВП и контактной разности потенциалов (КРП) для электродов из различных инертных материалов - нержавеющей стали и платины. Получено, что КРП на электродах из нержавеющей стали преимущественно отрицательная и ток между электродами является преимущественно катодным. Однако в течение суток знак КРП может меняться, возможно из-за уменьшения скорости десорбции водорода. В случае применения платиновых электродов знак КРП всегда положителен и доминирующий вклад в ток дают процессы обмена и разряда молекул воды и продуктов реакции в прианодном пространстве.

Проведено сравнение динамики токов в ячейках и усредненной динамики работоспособности и температуры тела человека в течение суток по данным монографии Шмита. Получено, что кривые имеют качественное подобие при рассмотрении динамики токов в измерительной ячейке со стальными электродами. Противоположный результат

получается при сравнении суточного хода биологического потенциала растений типа опунции.

Таким образом, теоретическая модель зависимости электрических токов от внешних радиационных и э/м воздействий низкой интенсивности позволяет оценивать возможные величины ОВП и КРП. Известные модельные представления о связи состояния молекул воды с измеренными величинами позволяет оценивать эффекты последствий воздействия внешних условий на водную среду, как в косной природе, так и в живых организмах.

ОБЩНОСТЬ ДИНАМИКИ СУТОЧНЫХ РИТМОВ ТОКОВ ВОДЫ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ РАСТЕНИЙ

С.В. Татаркин, В.В. Цетлин

ГНЦ РФ ИМБП РАН

V_tsetlin@mail.ru

О существовании ритмов и их влиянии на живые существа известно давно, так время считалось первичным фактором ещё в средневековье. Для всех групп организмов наиболее изученными остаются такие экзогенно вводимые ритмы, как суточный, лунный и годовой, т.к. именно эти ритмы, связанные с хорошо различимыми природными явлениями играют роль в эволюционном процессе, являясь факторами естественного отбора. Они, в первую очередь, лежат в основе «внутренних часов». В живых организмах обнаружено существование множества биологических ритмов, длительность которых составляет от долей секунды до многих лет. Такие биологические регуляторы изучены гораздо хуже, а многие вообще неизвестны. Недостаточность знания в этой области связана с непониманием механизма воздействия экзогенного фактора, вводящего этот ритм. Таким образом, при обнаружении периодической внутренней реакции организма, зачастую существуют лишь догадки об истинной природе происходящего процесса.. Часто со стороны физиков и химиков высказывается недоумение в связи с суточными колебаниями фундаментальных процессов и реакций. Например, по непонятной для многих причине изменяются константы диссоциации, замечены колебания значений необходимых реагентов при титровании известных растворов, а также при длительной записи вольтамперных характеристик изменяется проводимость растворов. Безусловно, внешнее воздействие, приводящее к столь серьёзным сдвигам в показателях неживой природы, должно отражаться в целом и на живых организмах.

С невозможностью достичь «стабильности» результатов исследований слабых межклеточных взаимодействий многие исследователи сталкиваются на протяжении многих десятилетий прошлого века.

В настоящей работе представлены результаты исследований, в которых на протяжении нескольких лет проводятся ежедневные измерения электрических токов в двухэлектродной электрохимической ячейке, заполненной водой высокой очистки (0,09 мкСи). Полученные результаты определённо доказывают наличие суточных колебаний в состоянии воды, определяемого по такому консервативному показателю как вольтамперная характеристика, поскольку эксперименты проводятся в защищённых от солнечного света термостатированных ячейках, а материалом для электродов служит химически инертная платина. Для обнаружения суточных изменений воды, являющейся частью ЖИВОГО, мы изучали динамику электрического потенциала растения. Для этого графитовый электрод подключался к листу, а второй электрод погружался в воду, в котором произрастало данное растение. Сигнал разности потенциала проступал на АЦП и выводился на монитор ПК в графическом виде посредством программы Power Graph. Такой же системой, но находящейся в другом помещении снимались показания токов, протекающих одновременно в кювете с водой высокой очистки.

Таким образом, решалась задача сравнительного многосуточного мониторинга изменения биопотенциала растения и динамики токов в воде.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ДИАПАЗОНЕ ОТ 40⁰С ДО 100⁰С НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЕМЯН ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

М.А.Левинских, Е.Л.Нефедова, Т.А.Дерендяева, В.Н.Сычев

ГНЦ РФ ИМБП РАН

ritalev@imbp.ru

Исследование устойчивости покоящихся стадий различных биологических объектов к воздействиям факторов открытого космоса является одной из актуальных проблем современной космической биологии. В настоящее время проводится второй эксперимент «Биориск-МСН» по экспонированию покоящихся стадий различных организмов, включая воздушно-сухие семена, в условиях открытого космоса в приборе «Биориск-МСН» на внешней стороне Международной космической станции. В данном оборудовании не предусмотрена установка температурного датчика. При этом известно, что колебания температуры на внешней

поверхности МКС могут быть весьма значительны – от – 100-150°С до +100-150°С.

Данная работа выполнена с целью оценки отрицательного влияния высоких температур на биологические характеристики семян высших растений.

В термо-тестах использовали в основном семена тех культур, которые были ранее выбраны для проведения эксперимента Биориск-МСН-2: горчицы красной (*Brassica juncea*) сорта 'Red Giant', редиса (*Raphanus sativus*) сорта 'Cherry Bomb II', 6-ти линий модельного короткоциклического растения *Brassica rapa* (дикий тип *Improved Basic*, с пониженным содержанием антоцианов в листьях *Anthocyaninless*, с повышенным содержанием антоцианов в листьях *High Anthocyanin*, с геном соматической вариегатности *Somatic Variegation*, карликовые формы *Rosette* и *AstroPlants*), 8-ми сортов риса (с красной окраской семян, с черной окраской семян и 6 сортов с белой окраской семян), томата (*Lycopersicon esculentum*) сорта 'Micro-Tom', никандры (*Nicandra physaloides*) сорта 'Black Pod' и 4-х образцов дикого типа. Во всех экспериментах проращивание семян осуществлялось по стандартной методике.

На основании полученных данных по изучению влияния температур в диапазоне от 40°С до 100°С на биологические характеристики семян 19 видов и сортов высших растений, относящихся к трем различным семействам, можно заключить, что термоустойчивость семян зависит от величины температуры, длительности экспозиции, видовых, сортовых и индивидуальных особенностей растений.

Полученные результаты могут быть использованы в будущем для интерпретации результатов эксперимента «Биориск-МСН 2».

**РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ «БАР» И «ЭКСПЕРТ»,
ВЫПОЛНЕННЫХ НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МКС**

Н.Д.Новикова¹, Н.А.Поликарпов¹

Е.А.Дешева¹, Е.В.Шубралева², В.В.Борисов², О.Д.Конonenko³,

1 - ГНЦ РФ ИМБП РАН, 2 - ФГУП «ЦНИИМаш»,

3- ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева

deshevaya@imbpru

В период пребывания на МКС 17 - 19 основных экспедиций были проведены космические эксперименты «Бар» и «Эксперт» на Российском сегменте. Эти исследования проводятся в обеспечение безопасности МКС в части отработки средств и методов обнаружения утечек, причиной которых может являться, в том числе микродеструкция гермо-

корпуса и основывается на использовании комплекта диагностической аппаратуры «Бар».

Исследования показали, что на скорость развития микродеструкции значительно влияет уровень ультразвуковых колебаний, создаваемых бортовой аппаратурой. В ходе эксперимента «Эксперт» отработан метод выявления потенциально опасных зон возможного развития процесса микродеструкции гермокорпуса. Метод базируется на выявлении зон с конденсатом атмосферной влаги на поверхности гермокорпуса в зонах повышенных уровней ультразвуковых колебаний. В ходе КЭ «Бар» были проведены измерения ультразвукового фона и тепловлажностных параметров среды в 220 зонах РС МКС. Анализ полученных данных выявил 28 зон, в которых возможно выпадение конденсата и зарегистрирован повышенный уровень ультразвуковых колебаний. В ходе эксперимента «Эксперт» в ряде этих зон выявлены грибы и бактерии. В результате экспериментов, выполненных в ходе 17-19 экспедиции МКС, список потенциально опасных зон (56 зон расположения конструктивных элементов, соединенных с вакуумом) дополнен 28 зонами возможного развития процесса микродеструкции гермокорпуса, подлежащими регулярному контролю.

Оперативный контроль микросостояния поверхностей и наличия микрофлоры на ней в зонах возможного выпадения конденсата предполагается начать в конце 2009 года после доставки на РС МКС пирозэндоскопа «Пирэн-В» из состава комплекта «Бар».

Противодействие биотическим загрязнением планируется выполнять способом ультразвуковой очистки поверхности от микрофлоры, наростов и коррозионной среды с помощью ультразвукового излучателя высокой интенсивности «Паскаль» из комплекта «Эксперт» с одновременной очисткой воздуха установкой «Поток». Кроме этого в настоящее время начаты работы по выбору экологически приемлемых дезинфекционных средств, применение которых позволило бы купировать процессы развития микроорганизмов на поверхностях конструкций в сочетании с аппаратом «Паскаль».

Таким образом, для обеспечения успешного поиска мест негерметичности на борту РС МКС и однозначности оценки результатов поиска сформирована база данных спектральных характеристик ультразвукового фона, тепловлажностных параметров, скоростей движения воздушных потоков в потенциально опасных зонах возможного развития микроорганизмов.

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЛОНГИРОВАННОЙ
ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ
И БИОКОРРОЗИИ**

*Е.А.Дешева¹, Н.Д.Новикова¹, Н.А.Поликарпов¹, М.Г.Дьякова²,
Н.В.Шевлякова², В.А.Тверской², Л.Н.Мухамедиева¹*

1 - ГНЦ РФ ИМБП РАН, 2 – МГАТХТ им. М.В. Ломоносова

deshevaya@imbp.ru

При эксплуатации пилотируемых орбитальных космических станций на конструкционных материалах отмечались зоны повышенного содержания микромицетов вплоть до видимого роста плесневых грибов на поверхностях полимерных материалов и металлов, приводящие к их биодеструкции и биокоррозии.

Для пролонгированной защиты декоративно-отделочных и конструкционных материалов от контаминации и развития микроорганизмов необходимо использовать материалы и изделия, на поверхности которых эффективно купируются процессы развития микроорганизмов.

В результате многолетней работы нами были разработаны основные принципы пролонгированной защиты конструкционных материалов, которые включают:

- формирование на поверхности этих материалов защитных покрытий из (со)полимеров, содержащих в своей структуре группы, обладающие биоцидными свойствами, или композиций с участием этих (со)полимеров;

- химическую модификацию поверхности этих материалов, приводящую к продуцированию в поверхностных слоях материалов групп, обладающих биоцидными свойствами;

- гидрофобизацию поверхности материала.

Выбор метода защиты материала зависит от многих факторов, из которых определяющими являются его химическая структура, вид и условия эксплуатации конкретного изделия.

Так, для тканей из натуральных и синтетических волокон эффективная защита от биоповреждений достигнута в результате радиационно-химической и химической модификации, приводящей к иммобилизации в поверхностных слоях этих материалов соединений, содержащих группы, обладающие биоцидными свойствами. Необходимым условием такого типа модификации является наличие в структуре поверхностных слоев химически активных реакционноспособных групп, обеспечивающих связывание биоцида.

Для декоративно-отделочных материалов типа искусственная кожа, других изделий из полимерных материалов с гладкой поверхностью приемлемой защитой от воздействия микроорганизмов является формирование на этих материалах антимикробных пленочных покрытий на основе полимеров, содержащих группы с биоцидными свойствами, или смесей этих полимеров с другими полимерами, обеспечивающими заданный комплекс эксплуатационных свойств покрытия. Показана эффективность выбранных биоцидов и композиций для формирования покрытий для предотвращения процессов развития микроорганизмов на поверхности этих материалов.

Показаны возможности защиты металлов от биообрастания и биокоррозии при формировании на их поверхности пленочных покрытий. В результате проведенной работы определены составы пленочных покрытий, защищающие поверхности полимеров и металлов от контаминации микроорганизмов. Проведены начальные эксперименты по оптимизации синтеза этих антимикробных покрытий. Исследовано влияние искусственного климатического старения, соответствующего 10 годам эксплуатации, на антимикробные свойства покрытий.

Проведена санитарно-гигиеническая оценка состава и концентраций газовыделений материалов, подвергнутых поверхностной модификации радиационно-химическим и химическим методами, а также обработанных антимикробными покрытиями.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны методы антимикробной защиты различного вида конструкционных материалов, обладающие высоким эффектом и надежным пролонгированным действием, которые рекомендуются к применению в космических объектах для предотвращения процессов биоповреждений.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ВОСПОЛНЕНИЯ УБЫЛИ
ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В КОРНЕВЫХ
МОДУЛЯХ ОРАНЖЕРЕИ**

Сигналова О.Б., Дерендяева Т.А., Кареткин А.Г., Левинских М.А.

ГНЦ РФ ИМБП РАН

ritalev@imbp.ru

На данном этапе подготовки марсианской экспедиции необходимо разработать метод формирования новых высокоэффективных корнеобитаемых сред для длительного культивирования различных

овощных и декоративных растений в оранжерее без замены корневого модуля и исследовать продуктивность растений, выращенных на почво-заменителях с применением удобрений пролонгированного действия.

Представлялось актуальным разработать методы восполнения убыли элементов минерального питания в корневых модулях оранжереи и исследовать продуктивность и качество выращенной биомассы растений при длительной эксплуатации оранжереи без замены корнеобитаемой среды (свыше 5 вегетаций).

Опыты по культивированию листового овощного растения мизуны (*Brassica rapa var. nipposinica*) проводились в установке «Люминолат». Растения выращивали в непрозрачных пластиковых емкостях объемом 3,3 л. Культивирование растений осуществлялось при следующих параметрах: температура воздуха 22-25°C, влажность воздуха 50-70%, плотность потока фотосинтетически активных фотонов на уровне верхних листьев $120 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$, режим освещения круглосуточный. В каждой кювете выращивали 10 растений. Длительность каждой вегетации 34 дня. Растения культивировали с использованием разработанной ранее многокомпонентной среды на основе инертного субстрата агроперлита. Для обеспечения роста растений питательными веществами в инертный субстрат помещали определенные количества гранул удобрений пролонгированного действия «Osmocote» для овощных культур.

Оценены два метода восполнения элементов минерального питания растений в корнеобитаемой среде: при одномоментном (10 г/л субстрата) и дробном (2 г/л субстрата) внесении удобрений пролонгированного действия. Показано, что одномоментное внесение удобрения, рассчитанного на получение нескольких вегетаций, более эффективно по показателям продуктивности растения по сравнению с дробным внесением.

Показано, что содержание сухого вещества, нитратов и аскорбиновой кислоты варьирует в биомассе мизуны в достаточно широких пределах. Анализ показал, что величины этих параметров напрямую связаны с первоначальной концентрацией питательных элементов и количеством последовательных вегетаций. При длительном культивировании растений на КС без восполнения питательных элементов количество нитратов и содержание аскорбиновой кислоты в биомассе падает, а содержание сухого вещества незначительно возрастает.

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ПУЛЬСОВЫХ ВОЛН ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ СОСУДАМ**

Ж.С. Панина, П.А. Муравьев

Самарский государственный аэрокосмический университет

ssaustudents@gmail.com

Важное место при проведении диагностики состояния здоровья космонавтов занимает оценка эластических свойств артериальных сосудов. Оценку эластических свойств сосудов можно провести с помощью измерения скорости распространения пульсовой волны по артериальному руслу. Чем больше эластичность артериальных сосудов, тем меньше скорость распространения пульсовой волны.

В настоящее время существует несколько методов определения скорости распространения пульсовой волны: с помощью фотоплетизмографии, реографии и доплерографии. Предложен принципиально новый метод оценки эластических свойств стенок сосудистого русла, основанный на методе сфигмографии, заключающемся в следующем. На плечевую и лодыжечную артерии накладываются две окклюзионные манжеты соединённые с датчиками давления воздуха, регистрирующие пульсовую волну. При прохождении артериальной пульсации через окклюзионную манжетку, давление воздуха в ней изменяется, и датчик давления регистрирует объёмную пульсовую волну. Регистрация пульсовой волны в различных точках сосудистого русла позволяет оценить время задержки распространения пульсовой волны. Зная расстояние между манжетками и время задержки, можно рассчитать скорость распространения пульсовой волны по исследуемому участку артериального русла.

Сигналом для отсчёта начала распространения пульсовой волны может служить момент систолы предсердий, который может быть зарегистрирован методом фонокардиографии. Фонокардиографический метод объективизирует данные о тонах и шумах сердца и позволяет рассчитать временные соотношения распространения пульсовой волны.

Обработка сигнала происходит на персональном компьютере. Программное обеспечение реализует разработанный диагностический алгоритм. Предложенная система позволяет: отображать временные диаграммы распространения пульсовых волн; оценивает скорость распространения пульсовой волны между предплечьем и лодыжкой; оценивает скорость распространения пульсовой волны между сердцем и предплечьем; оценивает расчётное значение эластичности сосудов.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕТАЮЩИХ ЛАБОРАТОРИЙ В
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
КОСМИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

**С.Н.Филипенков¹, В.В. Горин¹, И.В. Потоцкий¹, Г.А.Рыков¹,
Л.А.Китаев – Смык²**

1 - ФГУП ЛИИ им. М.М. Громова, 2 - РИКу

flysim-lii@mtu-net.ru, riku@dol.ru

Летающие лаборатории (ЛЛ) разрабатываются и используются в ЛИИ для проведения исследований в области авиакосмических технологий. Задачи инженерной психологии и «человеческого фактора» практически решались при динамическом моделировании полета в летных экспериментах. Основным направлением деятельности отдела авиакосмической медицины, созданного начальником ЛИИ Н.С. Строевым 5 августа 1959 года, были психофизиологические исследования с участием добровольцев и летчиков, в том числе с применением бортовых и индивидуальных систем обеспечения жизнедеятельности. Лаборатории 2-го комплексного научно-исследовательского отделения КНИО-2, совместно с сотрудниками отдела авиакосмической медицины ЛИИ, целенаправленно исследовали проблемы человеко-машинного интерфейса и управляемости пилотируемых космических аппаратов (ПКА) в полете на различных типах ЛЛ, при имитации посадки на поверхность небесного тела и при приземлении по самолетному типу. В докладе представлены актуальные в XXI веке результаты испытаний ручных систем управления при моделировании операций в условиях невесомости и лунной гравитации на борту ЛЛ, созданных в 1960-1970-х на самолете «Ту-104ЛЛ» борт№ 42396 и вертолетном имитаторе лунного корабля «ВИ-ЛК» на базе «Ми-4». Подводятся физиологические итоги изучения в 1980-1990-х операторской деятельности при воздействии на летчиков-испытателей отряда космонавтов ЛИИ невесомости (0G) и гипергравитации в диапазоне перегрузок 2-6G при испытаниях системы управления ПКА в полетах на «БТС-02», «Ту-154Б» и «МиГ-25ЛЛ», обеспечивавших моделирование динамических характеристик воздушно-космического самолета, включая движение по крутой траектории посадки. «Ту-154Б» был также использован в качестве головной ЛЛ для отработки системы автоматической посадки ПКА «Буран».

Делается заключение о большой ценности исследований в области психофизиологии на борту летающих лабораторий.