



Результаты исследования возможности выживания различных биологических объектов в открытом космосе

(Космический эксперимент «Биориск»)

Н.А. Поликарпов, Н.Д. Новикова, В.Н. Сычев, М.А. Левинских, Е.А. Дешева
ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Поиск жизни на других планетах является важной задачей для учёных, занимающихся вопросами возникновения и эволюции жизни. Обнаружение внеземных форм биологической материи на других планетах является главной целью исследований космического пространства. С другой стороны, среди гипотез возникновения жизни на Земле особое место занимает теория панспермии. Панспермия - гипотеза о повсеместном распространении во Вселенной зародышей живых существ. Согласно панспермии, в мировом пространстве рассеяны зародыши жизни (например, споры микроорганизмов), которые движутся под давлением световых лучей, а попадая в сферу притяжения планеты, оседают на ее поверхности и закладывают на этой планете начало живого.

Согласно этой теории, предложенной в 1865 году немецким учёным Г. Рихтером и окончательно сформулированной шведским учёным Аррениусом в 1895 году, жизнь могла быть занесена на Землю из космоса. Наиболее вероятно попадание живых организмов внеземного происхождения с метеоритами и космической пылью. Это предположение основывается на данных о высокой устойчивости некоторых организмов, например, микробных спор к радиации, глубокому вакууму, низким температурам и другим экстремальным воздействиям. В связи с этим возникали вопросы – насколько возможно такое перенесение живой материи с одной планеты на другую и как это могло быть осуществлено. Оценка рисков, связанных с возможным переносом биологического материала в межпланетном пространстве, вызывает огромный интерес у учёных, занимающихся космическими исследованиями.

В ГНЦ РФ Институте медико-биологических проблем РАН была создана программа экзобиологических экспериментов и аппаратура, позволяющая экспонировать биологические объекты в космическом пространстве, под общим названием «Биориск». Данная аппаратура предназначена для проведения исследований на внешней стороне Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС).

Целью эксперимента «Биориск» является оценка пределов выживания в космическом пространстве у широкого спектра покоящихся стадий бактерий, грибов, животных и растений с целью оценки повреждающего действия факторов космической среды на эволюционно разнесенные живые существа, находящиеся в стадии криптобиоза (состояния замедления жизненных функций и обезвоживания тканей организма при длительном воздействии неблагоприятных условий окружающей среды). Методика проведения эксперимента «Биориск» с использованием контейнеров «Биориск МСН»

заклучалась в длительном (сравнимом с продолжительностью пилотируемой экспедиции на Марс) экспонировании тест-микроорганизмов и других организмов, стоящих в эволюционном ряду на более высоких уровнях развития, на внешней поверхности служебного модуля МКС. С января 2005 г. по настоящее время было проведено несколько серий экспериментов. На внешней оболочке РС МКС была размещена аппаратура эксперимента «Биориск», в которой находились образцы. Приблизительно через каждые 6 месяцев образцы материалов с тест-микроорганизмами доставлялись на Землю.

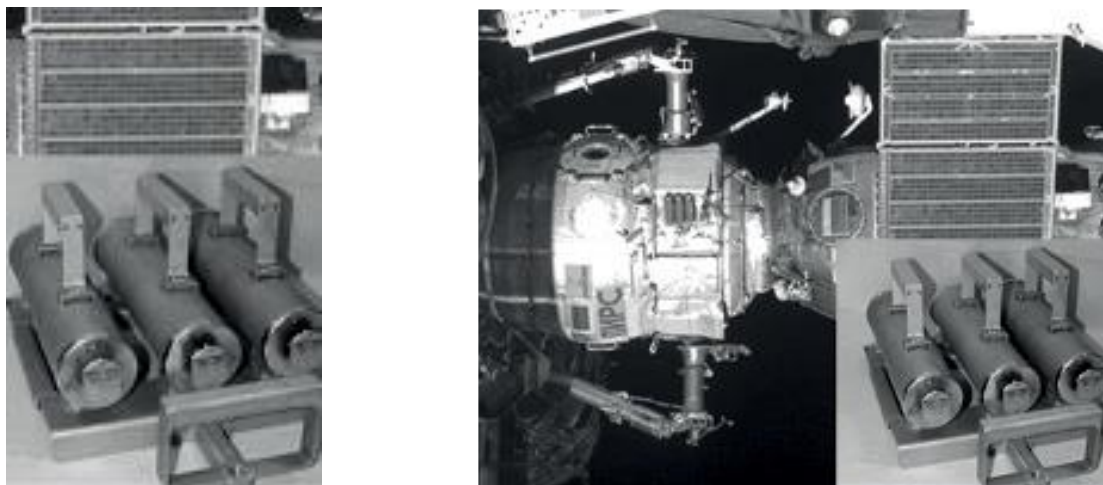


Рис.1 – Контейнеры «Биориск-МСН» (а) и их расположение на стыковочном узле «Пирс» (б) (фото Роскосмоса)

В качестве биологических тест-объектов были использованы 68 видов покоящихся форм организмов, принадлежащих к различным таксономическим группам – от бактерий до позвоночных животных и высших растений (споры бактерий и плесневых грибов, семена растений, покоящиеся яйца низших ракообразных, личинки комара, сухая икра карпозубой рыбы и др.)

Результаты исследований систем «микроорганизмы – конструкционные материалы» после доставки трех контейнеров «Биориск-МСН» в лабораторию показали, что бактерии и грибы могут оставаться жизнеспособными даже после 31 месячного экспонирования в открытом космическом пространстве. При этом у выживших штаммов наблюдалось усиление агрессивной (нуклеазной) активности и увеличение устойчивости к препаратам с антимикробной активностью. Так, у штаммов бактерий вида *Bacillus subtilis* # 20, по сравнению с фоном, после 18 месячного экспонирования отмечено появление ДНКазной активности, а после 31-месячного экспонирования наблюдалось увеличение образования данного фермента в два раза по сравнению с предыдущим периодом. Также наблюдалось повышение устойчивости к 6 антимикробным препаратам из 8 изученных. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при воздействии на микроорганизмы ряда неблагоприятных факторов, присущих открытому космическому пространству, выживают наиболее резистентные и агрессивные штаммы.

Анализ результатов проведенных исследований показал также, что исследуемые семена высших растений, за исключением семян томата и никандры, сохраняли жизнеспособность даже после 31-месячной экспозиции в космическом пространстве.



Рис. 2 – Чашки Петри и пакеты с тест-объектами из хлопчатобумажной ткани (а), сборка из 24 чашек Петри (б), контейнер «Биориск-МСН» в сборе (в) (фото ГНЦ РФ-ИМБП РАН).

Семена риса и ячменя из первого контейнера «Биориск-МСН» были пророщены и в дальнейшем выращивались в лабораторных и полевых условиях на базе Института Биоресурсов университета Окаяма (Япония) в течение 9 месяцев. Прорастаемость семян составила 82% (41/50) для семян ячменя Haruna Ninjo и 98% (49/50) для семян ячменя Akashinriki. Далее все проросшие растения Haruna Ninjo и Akashinriki развивались нормально и не имели статистически достоверных отклонений в морфологических и физиологических свойствах растений в сравнении с растениями, выросшими из контрольных семян. Прорастаемость семян риса составляла 44 % (22/50) для сорта риса SAS и 44% (23/50) для сорта KAS. Однако только 9 проросших семян сорта SAS оказались жизнеспособны и в дальнейшем развились в нормальные растения, все остальные проростки погибли, как и все проросшие семена сорта KAS. При сравнительном анализе выживших растений риса, как и в случае с ячменем, статистически достоверных отклонений в морфологических и физиологических свойствах растений из космического эксперимента и контроля обнаружено не было.

В лаборатории «Биологические системы жизнеобеспечения человека» ИМБП РАН были проведены исследования роста и развития растений редиса (*Raphanus sativus*) и горчицы красной, выросших их семян, экспонировавшихся в космическом пространстве. В процессе выращивания осуществлялся контроль за прохождением основных фаз филогенеза у опытных и контрольных растений. В результате показано, что опытные и контрольные растения горчицы красной и редиса не имели различий в скорости роста и прохождении основных фаз развития. Статистически достоверных отличий в морфометрических характеристиках растений из обоих вариантов опыта и контроля не обнаружено (рис. 3).



Рис. 3 – Растения редиса, выращенные из семян, экспонировавшихся в космическом пространстве (а), и контрольные (б) (фото ГНЦ РФ-ИМБП РАН).

Таким образом, показано, что длительное экспонирование семян высших растений в условиях открытого космоса в контейнерах «Биориск-МСН» не привело к изменению биологических характеристик семян редиса и листовой горчицы и растений, выращенных из этих семян. Не было различий между опытными и контрольными растениями в содержании в их листьях отдельных фотосинтетических пигментов и в их соотношении друг к другу.

Также были проведены исследования выживаемости покоящихся стадий животных организмов: диапаузирующих яиц нескольких видов беспозвоночных, относящихся к трем отрядам ракообразных, криптобиотических личинок хирономиды и икры карпозубой африканской рыбы. Реактивация после диапаузы, исследования способности к дальнейшему росту и репродукции яиц низших ракообразных и икры карпозубой рыбы проводились на базе лабораторий гидробиологии и экспериментальной энтомологии Зоологического института РАН с использованием оборудования, имитирующего свето-температурные условия, оптимальные для каждого вида беспозвоночных. Исследования содержания трегалозы в покоящихся яйцах низших ракообразных проводились в лаборатории д-ра Т. Окуды (Национальный агробиологический институт, Япония).

В каждом из отрядов получены достоверные результаты по успешному переживанию воздействия факторов космического пространства покоящимися стадиями низших ракообразных. Вместе с тем, некоторые виды не смогли пережить длительное нахождение в открытом космосе, что было связано с содержанием воды в покоящихся яйцах (реактивация отмечалась только у высушенных эмбрионов), различной глубиной диапаузы (реактивация покоящихся яиц после экспонирования в космосе была достигнута только у эмбрионов с глубокой диапаузой), с содержанием определенного дисахарида – трегалозы (повышенное содержание трегалозы, по всей вероятности, приводит к увеличению выживания).

Таким образом, в процессе длительного (31-месячного) экспонирования систем «микроорганизмы – искусственные субстраты» на внешней поверхности Международной космической станции установлена возможность длительного, сравнимого с межпланетным перелетом Земля-Мартс-Земля, сохранения жизнеспособности споровых форм бактерий и микроскопических грибов в условиях космического пространства. Семена высших растений способны сохранять высокую жизнеспособность после 13-, 18- и 31-месячного экспонирования в космическом пространстве. Несмотря на избыточную температуру и другие факторы космического пространства, семена прорастали и давали растения, по генетическим, биохимическим, физиологическим и морфологическим свойствам не отличающиеся от контрольных растений. Способностью к переживанию условий космического пространства обладают также наименее обводненные эмбрионы низших ракообразных, находящиеся в состоянии глубокой диапаузы. Поскольку показано, что живые организмы способны выживать в открытом космосе, гипотетически в отдаленном будущем возможно занесение чужеродных субстанций с других планет на Землю, а также на другие планеты — с Земли. Кроме того, опасность могут представлять и вернувшиеся земные микроорганизмы, которые слетали в космос, побывали на другой планете и неизвестным образом трансформировались в ее атмосфере. Таким образом, результаты данных исследований имеют не только существенный научный интерес, но и неопределимое практическое значение для обоснования стратегии планетарного карантина при осуществлении будущих межпланетных полетов.