

**NEW MEANS AND METHODS FOR PROVIDING MATERIALS ANTIMICROBIAL
RESISTANCE FOR SPACE APPLICATIONS**

Natalia D. Novikova

State Scientific Center of Russian Federation – Institute for Biomedical Problems of the Russian
Academy of Sciences, 76A, Khoroshevskoye shosse, Moscow, 123007, Russia.

E-mail: novikova@imbp.ru



Abstract

At the present moment it is widely known, that microorganisms are able to grow on the materials of different chemical structure (plastics, metals, rubbers, glasses, woods et cetera), causing their bio-damage and reducing their lifetime. The long-time experience of orbital station MIR and International Space Station exploitation shows the appearance of polymers' bio-damage and metals' bio-corrosion processes, followed by the failures in operation of various equipment, malfunctioning of life-support systems. There was conducted investigation on the selection and experimental substantiation of means and methods of protection of the materials, used in space objects, against microbial contamination and bio-damages. The methods of materials' certification on microbial resistance were developed. In the process of these activities new methodical and technological procedures of creation of materials with preset bio-resistant properties were used. Application of the achieved results in space industry will secure not only the prolongation of timeframes of exploitation of the construction materials and equipment, but also have a positive effect on the sanitary-hygienic and ecological situation.

Key words: materials, microbial degradation, anti-microbial protection, biocide film coatings

1. ВВЕДЕНИЕ

Российский опыт эксплуатации длительно действующих космических объектов свидетельствует о том, что по мере увеличения продолжительности полета все большее значение приобретают экологические проблемы замкнутых объемов, связанные как с безопасностью экипажа, так и с надежностью космической техники. Среди них важнейшее значение принадлежит микробному фактору. Стремясь создавать и поддерживать в космическом объекте адекватную своим потребностям среду обитания, человек неминуемо обеспечивает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, надежно контролировать развитие которых имеющимися на борту техническими средствами практически невозможно.

Процессы микробной контаминации среды, оснащения и оборудования обитаемых отсеков протекают с высокой интенсивностью в условиях непрерывной работы сменяющихся экипажей на борту орбитальных комплексов, при осуществлении грузопотока (доставки с Земли заменяемого оборудования, расходующихся материалов и т.п.), использовании ряда систем, обеспечивающих регенерацию продуктов жизнедеятельности человека. При этом, учитывая многолетние сроки эксплуатации космической техники, создаются необходимые предпосылки для реализации механизмов отбора и адаптации, а также проявления изменчивости со стороны микробиоты, развития процессов резидентного заселения среды космического комплекса различными группами микроорганизмов в качестве своеобразной экологической ниши.[1-3]

Очевидно, что эти процессы могут приобретать опасный и необратимый характер в силу участия в них патогенных для человека агентов и микробов - биодеструкторов, способных вызывать биоповреждения конструкционных материалов, отказы и нарушения в работе различного оборудования [4-6] и практической невозможности осуществления в условиях полета процедур тотальной стерилизации.

Проблема микробиологических повреждений различных материалов на Земле общеизвестна. В настоящее время часть выпускаемой промышленной продукции в той или иной степени повреждается микроорганизмами. Требования к надежности и долговечности материалов и изделий особенно важное значение приобретают при конструировании, производстве и эксплуатации космических летательных аппаратов. Значительная опасность, которую может представлять в космическом полете повреждение полимерных материалов микроорганизмами, заставляет обратить особое внимание на решение проблемы биостойкости материалов, применяемых в космических кораблях. Особо большое значение решение этих вопросов приобретает именно при длительной эксплуатации космических объектов, включая орбитальные станции и будущие межпланетные экспедиции.

В настоящее время для обеспечения микробиологической чистоты в процессе подготовки и эксплуатации космических объектов используются дезинфицирующие средства (биоциды). Однако их применение имеет ряд недостатков:

- ограниченный во времени эффект и необходимость вследствие этого периодического повторения дезинфицирующих процедур;
- токсичность для человека;
- большая трудоемкость для экипажа;
- невозможность обработки труднодоступных зон.

Более радикальным и перспективным решением проблемы могло бы явиться придание самим материалам антимикробных свойств. Однако простое введение биоцида в структуру защищаемого материала на стадии его изготовления не обеспечивает пролонгированной антимикробной защиты за счет низкой концентрации биоцида на поверхности материала, а также в связи с тем, что низкомолекулярный биоцид достаточно быстро выходит («выпотевают») из высокомолекулярного полимера.

Существуют два способа защиты материалов этим путем:

1. Введение биоцида в качестве компонента композиции;
2. Нанесение на материал пленочного покрытия, содержащего биоцид.

Недостатками первого метода является:

- возможность изменения свойств биоцида в процессе переработки материала и изготовления готового изделия;
- возможность выхода биоцида из материала на поверхность (выпотевание) с дальнейшим удалением;
- низкая концентрация биоцида на поверхности материала.

Для того, чтобы избежать этих недостатков используются пленочные покрытия с высоким содержанием биоцида.

Этот способ также имеет существенные недостатки:

- во многих случаях сложность нанесения лакового покрытия без изменений поверхностных свойств материала (воздействие растворителя);
- существенные изменения технологических свойств поверхности материала после нанесения покрытия;
- низкая адгезия покрытий к поверхности материала;
- возможность агрегации биоцида с выделением в отдельную фазу и его выходом на поверхность лакового покрытия - выпотевание с дальнейшим удалением.

Последнего удастся избежать при химическом связывании биоцида с полимерным связующим, входящим в состав композиции пленочного покрытия.

Важным элементом прогнозирования процессов биоповреждений материалов, используемых в пилотируемых космических аппаратах, является оценка их микробиологической стойкости. Однако, традиционные методы испытаний материалов и изделий на микробиологическую устойчивость, используемые в настоящее время [7-8], не являются, согласно нашим данным, достаточно надежным и репрезентативным по отношению к поставленной задаче. В первую очередь, это связано с тем, что при проведении испытаний в соответствии с данными методами не учитываются особенности взаимодействия микроорганизмов с материалами, специфичные для условий их эксплуатации в обитаемом отсеке космического объекта. Это относится как к видовому составу ассоциации микробов, используемых в качестве тест - культур, так и к особенностям среды, в которой осуществляется взаимодействие, например, по такому параметру, как присутствие конденсата атмосферной влаги, формирующегося в герметично замкнутых кабинах при пребывании в них человека.

Таким образом, в целях обеспечения микробиологической безопасности среды обитания орбитальных станций при многолетних сроках эксплуатации наиболее приоритетными задачами, требующими решения, следует считать следующие:

- разработка адекватной методики для аттестации материалов на микробиологическую стойкость;
- создание биоцидных пленочных покрытий пролонгированного действия для защиты материалов от микробной контаминации и биоповреждений.

2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для испытаний конструкционных материалов, применяемых в космической отрасли на микробиологическую стойкость, а также для тестирования эффективности биоцидных пленочных покрытий необходимо было сконструировать имитационный стенд, позволяющий моделировать на Земле физические и физико-химические условия космического полета, исключая невесомость. Такой стенд был создан и размещен в специальном помещении, в котором обеспечивалась стабилизация температуры.

Основой имитационного стенда являются две климатические камеры. Одна является экспериментальной, другая - контрольной. Конструктивно камеры идентичны и размещены на расстоянии 4 м друг от друга в специальном теплоизолированном помещении с кондиционированными по температуре и влажности условиями. В обеих камерах поддерживается заданный по температуре и влажности режим. В экспериментальной камере имеются также источники электромагнитного излучения, она находится в поле нейтронного и гамма-излучения. На рисунок 1 приведено фото экспериментальной климатической камеры.



Рис.1. Экспериментальная климатическая камера

Экспериментальная климатическая камера представляет собой термостат, образованный теплозащитными панелями, выполненными из блоков пенопласта толщиной 50 мм, герметично облицованных внутри и снаружи листом из нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 0,7 мм. Внутренний объем камеры составляет 860 дм³, камера установлена на подставку. Внутри камеры размещен барабан, вращающийся со скоростью 1÷10 оборотов в час, с подвешенными к нему шестью кассетами. Каждая кассета имеет шесть поддонов с размещенными на каждом из них 14 чашками Петри с исследуемыми образцами материалов. Всего в одном эксперименте могут исследоваться 504 образца. Барабан, кассеты, поддоны, за исключением отдельных деталей, сделаны из пластика (метилметакрилат), чтобы предотвратить экранирование электромагнитных полей в местах расположения исследуемых образцов. Барабан установлен на салазках, привод вращения барабана состоит из двигателя РД-09 с передаточным числом 1/670, редуктора и ременной передачи. Лицевая и задняя стенки камеры имеют стеклянные окна для световой подсветки внутреннего объема размещенными снаружи люминесцентными лампами, а также для визуального контроля работы камеры в ходе проводимого эксперимента. Для имитации электромагнитной обстановки внутри камеры размещены низкочастотный излучатель в виде плоских пластин 90×90 см и высокочастотный излучатель в виде полых трубок. Радиационные поля в климатической камере создаются использованием двух закрытых источников, содержащих Co-60 (гамма-излучение) и Pu-Be (нейтронное излучение). Источники

излучения с защитой располагаются под камерой внутри подставки. Имеется совокупность источников, позволяющая варьировать радиационные поля в десять и более раз.

Температура воздуха внутри камеры измеряется двумя термопарами, расположенными по диагонали камеры. Датчики, расположенные по другой диагонали камеры, контролируют уровень влажности воздуха внутри камеры. Все измеряемые датчиками параметры экспериментальной и контрольной камер, а также помещения, где они расположены, регистрируются электронной системой сбора информации и записываются в виде массива данных в компьютер типа Pentium.

Сущность испытаний (аттестации материалов на микробиологическую стойкость) заключается в проведении наземных модельных экспериментов с образцами материалов, имитирующих процессы заражения и взаимодействия микроорганизмов с материалами в условиях космического полета, с оценкой последствий этого взаимодействия.

Обязательными условиями при проведении испытаний (аттестации) материалов является использование типовой микробиоты (бактериально-грибной ассоциации), участвующей в процессах контаминации материалов в реальных условиях космического полета, а также имитация воздействия на модельную систему "микроб-материал" следующих факторов:

- "пленочной" влаги, характерной для состояния поверхностей интерьера и оборудования в обитаемых отсеках;
- особенностей химического состава конденсата атмосферной влаги, формирующегося в обитаемых гермокабинах;
- характерного диапазона колебаний микроклиматических параметров, присущих среде эксплуатации материалов в обитаемых отсеках орбитальной станции.

Для проведения испытания материалов на микробиологическую стойкость в имитационном стенде создавались следующие условия:

1. Стандартные условия:

- Температура 24° C;
- Относительная влажность воздуха 50%;
- Мощность дозы фотонов 380 мкЗв/сут, плотность потока быстрых нейтронов ($> 100 \text{ кЭВ}$) $2.8 \text{ н}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, амплитуда электромагнитного излучения 100 дБ.

2. Провокационные условия:

- Температура 28° C;
- Относительная влажность $> 90 \%$;
- Мощность дозы фотонов 2200 мкЗв/сут, плотность потока быстрых нейтронов ($\geq 100 \text{ кЭВ}$) $25.4 \text{ н}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, амплитуда электромагнитного излучения 100 дБ.

Заданные параметры относительной влажности газовой среды в камерах создавались и поддерживались за счет использования имитатора конденсата атмосферной влаги гермокабин.

В результате проведения испытаний одновременно решается двудеяная задача - обеспечение микробиологической безопасности при применении материалов в обитаемых отсеках станции как в медицинском отношении, так и в технологическом отношении, в части сохранения работоспособности и надежности эксплуатации космической техники.

Сущность методики испытаний материалов заключается в последовательном (сначала – бактерии, через 10 суток – грибы) их заражении бактериями и грибами – представителями среды пилотируемых космических объектов и экспонировании зараженных образцов в имитационном стенде в стандартных и провокационных условиях, реально имеющих место при эксплуатации орбитальных космических станций, в течение 56 суток. Оценка содержания микроорганизмов на образцах проводится на 14, 28, 42, и 56 сутки путем отбалтывания образцов (не менее 3 для каждой пробы) в стерильном фосфатном буфере, посева смывов на питательные среды, инкубирования посевов и учета колоний микроорганизмов. Кроме того в эти же сроки проводят оценку роста грибов на образцах по шестибальной шкале как указано в таблице 1.

Таблица 1. Бальная система, используемая для характеристики роста грибов.

Балл	Характеристика балла
0	При осмотре под микроскопом рост плесневых грибов не виден
1	При осмотре под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий в виде неветвящихся гиф
2	При осмотре под микроскопом виден мицелий в виде ветвящихся гиф, возможно спороношение
3	При осмотре невооруженным глазом рост грибов едва виден, но отчетливо виден под микроскопом
4	При осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих менее 25% испытываемой поверхности
5	При осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих более 25% испытываемой поверхности

Для разработки методических и технологических приемов получения биоцидных пленочных покрытий, обладающих широким спектром антимикробного действия и пролонгированным эффектом, было предусмотрено формирование покрытий на основе стехиометрических интерполимерных полиэлектролитных комплексов, кремнийорганических покрытий и др.

Для оценки эффективности биоцидных пленочных покрытий испытания проводили в условиях, имитирующих процессы контаминации и взаимодействия микроорганизмов с материалами в обитаемых отсеках космического аппарата, с оценкой последствий этого взаимодействия как для состояния микробиоты, так и характеристик материалов. Помимо общепринятых методов оценки выживаемости, роста и изменчивости микрофлоры на опытных образцах для регистрации состояния материалов использовали микроскопирование и фотографирование их поверхности.

Обязательным условием при оценке эффективности биоцидных пленочных покрытий являлось использование типовой микробиоты, участвовавшей в процессах контаминации материалов в реальных условиях космического полета и, прежде всего на Международной космической станции (МКС). Среди этих микроорганизмов, в первую очередь, были выбраны наиболее устойчивые к различным физическим и химическим факторам и наиболее часто встречающиеся в среде МКС виды бактерий и грибов – биодеструкторов.

Для разработки рецептур и технологических приемов получения антимикробных пленочных покрытий, их нанесения и последующего тестирования использовали 2 материала: алюминиевый сплав и полиметилметакрилат (органическое стекло). С целью отработки и

стандартизации методик приготовления и формирования на поверхностях полимерного материала – полиметилметакрилата, и металла – сплава алюминия, пленочных покрытий из композиций, содержащих компонент, обладающий биоцидными свойствами, были синтезированы комплексы диметилалкилбензил-аммонийхлорида с двумя видами полимеров, содержащих кислотные группы: поли-*p*-стиролсульфонатом натрия и сополимером стирола с малеиновым ангидридом с частичным омылением ангидридных групп. Были разработаны и изготовлены антимикробные пленочные покрытия с различной концентрацией биоцидов. Покрытия наносили кисточкой, сушили в чашках Петри на воздухе при комнатной температуре. Тестирование эффективности антимикробных пленочных покрытий проводили в имитационном стенде при экстремальном режиме.

Сущность испытаний заключалась в заражении образцов материалов (полиметилметакрилата и алюминия), обработанных антимикробными пленочными покрытиями, ассоциацией бактерий и микромицетов, выделенных в условиях космического полета, выдерживании образцов в провокационных условиях в экспериментальной камере и в стандартных условиях в контрольной камере в течение 56 суток с последующей оценкой содержания микроорганизмов на образцах. Оценку эффективности разработанных антимикробных покрытий проводили по результатам посевов смывов с поверхности исследуемых образцов. Одновременно оценивали рост грибов по 6-бальной шкале как указано в таблице 1.

Для заражения образцов бактериями грибами использовали суспензию следующих видов микроорганизмов:

- *Penicillium expansum*;
- *Penicillium aurantiogriseum*;
- *Aspergillus versicolor*;
- *Aspergillus sydowii*;
- *Cladosporium cladosporioides*;
- *Bacillus licheniformis*;
- *Bacillus pumilus*;
- *Staphylococcus aureus*.

Концентрация каждого вида микроорганизма в суспензии составляла 10^{5-6} КОЕ/мл. Суспензия, которую использовали, содержала 8 микроорганизмов - каждый в концентрации 10^{5-6} , следовательно, общая концентрация была $8 \times 10^{5-6}$. И мы применяли около 0,1 мл суспензии на 5,0см x 5,0см поверхности. Таким образом, с учетом размеров образцов исходная микробная нагрузка составляла приблизительно $10^4 - 10^5$ КОЕ на образец.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для тестирования микробиологической стойкости нами были испытаны материалы около 200 наименований. В качестве примера представлены результаты, полученные по 6 материалам.

Испытаниям подвергались образцы конструкционных материалов, имеющие форму пластин размером 50 мм x 50 мм, следующих наименований:

1. Алюминиевая фольга АМГ – 5;
2. Лента техническая арамидная ЛТ АpТ Пет –20-22-30 ТУ 154-82;

3. Лента техническая специальная (киперная) (ЛХБ –13-65) ГОСТ 2782-67;
4. Полиамид – 6-110 ОСТ В 6-05-5129-83;
5. Пленка полиэтилентерефталата ПЭТ – Э ГОСТ 24234-80;
6. Резина ТМКЩ-С ГОСТ 7338-77.

Результаты испытаний материалов на устойчивость к воздействию бактерий и грибов в стандартных и провокационных условиях представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1. Результаты испытаний устойчивости материалов к воздействию бактерий

Наименование материалов	Стандартные условия	Провокационные условия
Алюминиевая фольга АМГ-5	-	+ -
Лента техническая (аримидная)	-	-
Лента техническая специальная (киперная)	+ -	+
Полиамид 6-110	-	+ -
Пленка полиэтилентерефталата	-	-
Резина	-	-

Примечание: + рост бактерий; + - сохранение бактерий; - отсутствие бактерий

Таблица 3. Рост грибов в баллах на материалах

Наименование материалов	Стандартные условия			Провокационные условия		
	Рост грибов в баллах					
	14 сутки	28 сутки	56 сутки	14 сутки	28 сутки	56 сутки
Алюминиевая фольга АМГ –5	0	0	0	2	3	3
Лента техническая (аримидная)	0	1	2	5	5	5
Лента техническая специальная (киперная)	0	1	2	5	5	5
Полиамид 6-110	0	1	1	3	4	5
Пленка полиэтилентерефт алата	0	0	0	3	4	4
Резина	0	0	0	1	2	2

Как видно из данных, представленных в таблице 2, в стандартных условиях бактерии сохранялись только на ленте технической специальной (киперной), а в провокационных условиях они обладали способностью развиваться на указанном материале. В провокационных условиях способностью к сохранению бактерии обладали только на алюминиевой фольге и полиамиде. На остальных исследуемых материалах они отмирали.

Из данных, изложенных в таблице 3, следует, что в стандартных условиях все материалы обладали грибостойкостью (их рост не превышал 2-х баллов). При испытании в провокационных условиях, получены следующие результаты:

- Алюминиевая фольга АМГ-5 – рост 3 балла, допустимый показатель для изделий, не работающих под электрической нагрузкой);
- Лента техническая аримидная ЛТ АрТ Пет –20-22-30 ТУ 154-82 – рост 5 баллов, материал не грибостойкий;
- Лента техническая специальная (киперная) (ЛХБ –13-65) ГОСТ 2782-67 – рост 5 баллов, материал не грибостойкий;
- Полиамид – 6-110 ОСТ В 6-05-5129-83 – рост 5 баллов, материал не грибостойкий (рис.5.6);
- Пленка полиэтилентерефталата ПЭТ – Э ГОСТ 24234-80 – рост 4 балла, материал негрибостойкий;
- Резина ТМКЩ-С ГОСТ 7338-77 – рост 2 балла, материал грибостойкий.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать заключение.

- 1) Резина ТМКЩ-С ГОСТ 7338-77 – материал биостойкий, не имеет ограничений по микробиологическим показателям (категория 1).
- 2) Алюминиевая фольга АМГ-5, Лента техническая аримидная ЛТ АрТ Пет, Лента техническая специальная (киперная) (ЛХБ –13-65) ГОСТ 2782-67, Полиамид – 6-110 ОСТ В 6-05-5129-83, Пленка полиэтилентерефталата ПЭТ – Э ГОСТ 24234-80 имеют ограничения по микробиологическим показателям для использования в космическом объекте (категория 2). При их эксплуатации в условиях повышенной температуры и влажности (например, в запанельном пространстве) необходима периодическая санитарная обработка.

Для тестирования эффективности антимикробных пленочных покрытий были отобраны следующие покрытия.

Для полиметилметакрилата:

1 композиция - изопропиловый спирт + комплекс стиромаль с катамином АБ с содержанием нейтрализованных малеиновых групп 50%+свободный катамин АБ (1,86); 2 композиция - изопропиловый спирт + комплекс стиромаль с катамином АБ с содержанием нейтрализованных малеиновых групп 50%+свободный катамин АБ (2,79);

Для алюминия:

2 композиция - изопропиловый спирт + комплекс стиромаль с катамином АБ с содержанием нейтрализованных малеиновых групп 50%+свободный катамин АБ (2,79); 3 композиция - изопропиловый спирт + комплекс с катамином АБ (2/3 по объему) и поливинилбутираль.

Полученные результаты по оценке роста грибов в баллах и определению содержания колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий и грибов на образцах материалов представлены в таблицах 4-6.

Таблица 4.- Рост грибов в баллах

Материал	Способ обработки	Контрольная камера				Опытная камера				Результат
		14с	28с	42с	56с	14с	28с	42с	56с	
Полиметил-метакрилат	Контроль	2	2-3	3-4	4	2	2-3	3-4	4	
	1 - композиция	0	0	0	0	0	0	0	0	+
	2 - композиция	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Алюминий	Контроль	2	2-3	3-4	4	2	2-3	3-4	4	
	2 - композиция	0	0	0	0	0	0	0	0	+
	3 - композиция	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Примечание: + результат положительный (покрытие эффективно)										

Из данных, представленных в таблице 4, следует, что на контрольных образцах, не обработанных биоцидными пленочными покрытиями, на 56 сутки эксперимента рост грибов достигал 4 баллов, что свидетельствует о том, что исследуемые материалы (алюминий и полиметилметакрилат) являлись негрибостойкими. При осмотре невооруженным глазом на их поверхности был отчетливо виден рост грибов, покрывающих менее 25% испытываемой поверхности. С другой стороны, материалы, на поверхность которых до начала эксперимента были нанесены биоцидные пленочные покрытия, являлись грибостойкими, так как покрытия полностью подавляли рост микромицетов.

Таблица 5. - Содержание КОЕ грибов на поверхности материалов (на 56-е сутки эксперимента)

Материал	Способ обработки	Контрольная камера	Опытная камера	Результат
Полиметил- метакрилат	Контроль	1.4×10^5	3.6×10^5	
	1 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
	2 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
Алюминий	контроль	$2,2 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$	
	2 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
	3 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
Примечание: + результат положительный (покрытие эффективно)				

Результаты, изложенные в таблице 5, также демонстрируют полное подавление роста грибов на поверхности материалов, обработанных биоцидными пленочными покрытиями. Исходные же материалы, не обработанные биоцидными покрытиями, содержали на своей поверхности высокую концентрацию микромицетов, значения которой были даже выше, чем исходная контаминация. Таким образом, использованные для антимикробной защиты пленочные покрытия эффективно подавляли грибы, выделенные из среды обитания МКС, даже при экстремальных условиях, наиболее благоприятных для роста и развития большинства известных микромицетов.

Таблица 6. Содержание КОЕ бактерий на поверхности материалов (на 56-е сутки эксперимента)

Материал	Способ обработки	Контрольная камера	Опытная камера	Результат
Полиметил- метакрилат	Контроль	$1,0 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	
	1 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
	2 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
Алюминий	контроль	$2,3 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	
	2 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
	3 -композиция	Не обн.	Не обн.	+
Примечание: + - результат положительный (покрытие эффективно)				

Из представленных в таблице 6 данных следует, что на образцах полиметилметакрилата и алюминия, обработанных данными пленочными покрытиями, не отмечено наличия бактерий. В тоже время на контрольных образцах содержание микробов было высоким и достигало в опытной камере $2,8 \times 10^5$ КОЕ на образец. При этом не отмечено существенных различий в уровнях микробной обсемененности контрольных образцов материалов в зависимости от их химического состава. Как металл, так и полимер содержали приблизительно одинаковое количество микроорганизмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в целях обеспечения микробиологической безопасности среды обитания орбитальных космических станций разработана и экспериментально обоснована методика аттестации конструкционных материалов на микробиологическую стойкость. Методика позволяет проводить заблаговременную оценку микробиологических рисков, сопровождающих длительную эксплуатацию пилотируемых космических объектов. Для защиты конструкционных материалов от контаминации и развития микроорганизмов, включая процессы микробиологических повреждений материалов, синтезированы пленочные биоцидные покрытия, которые обладают высокой эффективностью и широким спектром антимикробного действия. Данные покрытия могут найти применение не только в космической отрасли, но и в медицине, здравоохранении, пищевой промышленности – везде, где необходимо соблюдать биологическую чистоту и сохранять здоровье людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Novikova N.D., Review of the Knowledge of Microbial Contamination of the Russian Manned Spacecraft, Article, Microbial Ecology, 2004, 47 (2), 127-132.
2. Novikova N.D., Polikarpov N.A., Poddubko S.V., Deshevaya E.A. Microbial Monitoring in Confined Habitat: a review. Presented at the 52nd International Astronautical Congress, Toulouse, France, October 1-5, 2001, CD#IAA/IAF-01-G.4.08.
3. Mishra S.K., Pierson D.L. Space flight effects on microorganisms., *In* J. Lederberg (ed.), Encyclopedia of Microbiology, 14. Academic Press, San Diego, CA, 1992, 53-60.
4. Novikova N.D., Microbiological risks in extended space mission. 11th International Conference “Space Activity and Relevant Insurance Applications”, Rome-March 15-16, 2001. Printed in Italy by Editoriale Ergon s.r.l., 2002, 245-253.
5. Novikova N.D., Polikarpov N.A., Poddubko S.V., Deshevaya E.A. The results of Microbiological Research of Environmental Microflora of Orbital Station MIR. Proceedings of the 31st International Conference on Environmental Systems. July 9-12, 2001, Orlando, FL., CD # 2001-01-2310.
6. Ahearn D.G., Simmons R.B., Price D.L. et al., Fungal colonization of synthetic substrates for use in space craft. Journal of Industrial Microbiol., 1995, 14, 26-30.
7. The RF State Standard 50804-95. “Cosmonaut’s environment in a piloted space vehicle. General medical and technical requirements”, 1995.
8. MIL – STD-810E. Military Standart. Environmental test methods and engineering guidelines, 1983.