**РЕФЕРАТ**

**на тему:**

**«Адаптация микроорганизмов в экстремальных условиях космоса»**

**Содержание**

Введение

Адаптация микроорганизмов в космических условиях

Список литературы

**ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, микроорганизмы представляют собой исключительно своеобразную форму организации живой материи. Их отличает беспрецедентная многочисленность, разнообразие форм, повсеместность распространения, обширность сфер взаимодействия со средой обитания и масштабность влияния на последнюю.

Поразительна жизнеспособность и пластичность микроорганизмов. Они встречаются в самых холодных, горячих, соленых и глубоких местах обитания на Земле. Они сохраняют жизнеспособность на высотах более 80 км, границы их распространения в океане достигают глубин 11 км, где давление составляет 1000 атм и более. Микроорганизмы обнаружены в шахтах на глубине 4 км, в пустынях, в самом соленом из озер – Мертвом море. Сохранение их жизнеспособности возможно в контурах ядерных реакторов, они способны выдерживать дозы радиации, летальные для других форм жизни. Существование микробов возможно при очень низких концентрациях питательных веществ, при температуре ниже –10 ºС и выше +90 ºС. Некоторые формы бактерий выдерживают температуру +150 ºС в течение 30 мин. Восемь лет назад ученые пытались установить уровень радиоактивного заражения в глубине ядерной свалки в Саванна-Ривер. Неожиданно они натолкнулись на кое-что, что привело их в состояние шока: на конце металлического прута, с помощью которого они делали замеры, было обнаружено склизкое прозрачное вещество.

Они разместили это вещество в чашке Петри и изучили под микроскопом. Оказалось, что в нем живет целая колония странных оранжевых бактерий, адаптировавшихся к уровню радиации, который в 15 раз превышает смертельную дозу для человека. Эти бактерии жили в "ведьмином котле" токсичных отходов.

Обнаружение этих бактерий стало прорывом для министерства энергетики США, которое уже давно занимается поиском микробов-"экстремофилов", то есть микроорганизмов, которые могут выживать в самой враждебной среде, прекрасно перенося невероятные дозы радиации, процветая при температуре выше точки кипения и поедая токсичные химикаты, которые убили бы любое другое существо.

Все эти особенности делают их потенциально ценными инструментами в рамках усилий министерства по очистке огромных свалок ядерных отходов, включая и ту, которая находится в Саванна-Ривер, штат Джорджия. По данным министерства, очистка свалок традиционными методами, включая работу роботов и обработку химикатами, будет стоить 260 млрд. долларов. Использование экстремофилов могло бы значительно урезать эти расходы.

Экстремофилы уничтожают токсины, поедая их и разлагая таким путем на относительно безвредные компоненты. Эти микробы могут сокращать угрозу, исходящую от радиоактивных отходов, превращая их в нерастворимые формы, которые уже не смогут попасть в водоносные пласты и ручьи. Покидающий свой пост министр энергетики США Спенсер Абрахам предсказал в этом году, что в не столь отдаленном будущем экстремофилы будут очищать ядерные свалки и уничтожать загрязнители, вырабатываемые энергетическими объектами, включая углекислый газ, одну из причин глобального потепления.

НАСА считает, что если удастся понять механизм адаптации бактерий к радиации, то эти микроорганизмы можно будет использовать для защиты космических экипажей от радиации во время длительных космических путешествий. Национальный институт здравоохранения надеется, что особые способности этих микробов могут помочь пациентам, больным раком, переносить более интенсивную лучевую терапию.

Ученые утверждают, что те экстремофилы, которых они обнаружили в природе, не опасны для человека. Однако с выращенными в искусственных условиях бактериями не все так однозначно, ведь никто не знает, какими могут быть долгосрочные последствия.

Бактерии, обнаруженные в районе Саванна-Ривер, имеют форму ягоды. Ученые дали им название радиотолерантные микробы Kineococcus. Уже изучено 95% их генетической структуры. Ученые знают, чем эти бактерии занимаются и что они едят, например они очень любят солодовый сахар, однако спустя 50 лет после начала изучения этого типа бактерий до сих пор не раскрыт секрет их живучести. Радиация разрушает генетическую структуру живых существ, однако на экстремофилов она почему-то не действует. По словам микробиолога Кристофера Багуелла, Kineococcus в состоянии разрушать гербициды, промышленные растворители, хлорированные вещества и другие токсины, и все это в радиоактивной среде, которая убивает других живых существ и делает стекло коричневым.

Ученым известно около десяти видов экстремофилов. Первый был обнаружен в 1956 году в штате Орегон. Ученые дали ему название Deinococcus, однако их настолько восхитила стойкость этой бактерии, что ее прозвали "Конан-бактерия". Так как бактерии выдерживают радиацию более высокого уровня, чем все другие живые существа, некоторые ученые выдвигают гипотезу, что они, должно быть, прилетели на Землю на кометах. Другие полагают, что эти бактерии были первыми обитателями планеты после образования Земли в результате радиоактивного взрыва.

Не так давно экстремофилов обнаружили на пустынных горных пиках и в замороженных растениях Антарктики. По мнению д-ра Джона Баллисты, микробиолога Университета Луизианы, это безвредные создания, которые нашли способы выживать в крайне неблагоприятных условиях. "Они просто ждут, пока не засохнут, и тогда ветер перенесет их еще куда-нибудь", – говорит он. Первая обнаруженная бактерия, Конан, могла адаптироваться к радиации, однако не поглощала химикаты, которые обычно присутствуют в ядерных отходах. Поэтому в 1997 году министерство энергетики начало работать над генетически модифицированной версией Конана, которую ученые назвали Суперконан.

Сейчас Суперконан живет в чашке Петри в Военно-медицинском университете США в штате Мэриленд. Эта бактерия справляется и с химикатами, и с радиацией, однако, по словам одного из ее создателей, Майкла Дейли, правительство боится выпускать ее в природу, так как доподлинно неизвестно, чего еще от этих микробов можно ожидать.

Министерство уверено, что сможет найти эквивалент Суперконана в природе. По оценке Ари Патриноса, директора биологических и экологических исследований министерства энергетики, к данному моменту идентифицировано не более 1% бактерий Земли.

Вот где на помощь может прийти Kineococcus. На свалке в Саванна-Ривер, появившейся в начале 1950-х, когда США пытались обогнать СССР в ядерной гонке, есть 49 подземных контейнеров, содержащих 35 млн галлонов радиоактивных отходов. Еще больше хранится в Ханфорде, на оружейном заводе эпохи Второй мировой войны, где утечка привела к загрязнению 80 кв. миль земли и подземных вод радиацией и токсичными химикатами.

Так как новые оранжевые бактерии живут в ядерных отходах, вернуть их в эту среду будет вполне естественным шагом. Ученые полагают, что смогут вырастить Kineococcus в пробирке, а затем ввести их в контейнеры и в почву в местах утечки.

Однако, по мнению д-ра Багуелла, потребуется еще лет пять изучать генетическую структуру этой бактерии, прежде чем станет возможен такой эксперимент. На сегодняшний день вопрос адаптации микроорганизмов в условиях космоса остается, востребован многими исследователями в связи с тем, что в космосе проявляется приспособляемость бактерий не только к невесомости и перепадам температур, но и к различного рода излучениям, которые в космосе намного интенсивнее, чем около поверхности Земли. В Государственном научном центре Российской Федерации - Институте медико-биологических проблем (ГНЦ РФ ИМБП) были проведены исследования этой проблемы.

**ПРОБЛЕМЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И АДАПТАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Развитие отечественной космонавтики за последние десятилетия ознаменовалось весьма существенными результатами. Одним из основных итогов в этой области является создание и длительное функционирование орбитальных космических станций. Освоение космического пространства ставит перед человечеством много проблем. Одна из них, о которой мало известно - это мир микробов, заселяющих космический корабль. Именно микроорганизмам принадлежит абсолютный рекорд длительности пребывания в космосе. Именно они не просто живут на орбитальной станции, а развиваются, приспосабливаясь к условиям полета, обзаводятся потомством. Чем больше времени функционируют космические объекты, тем больше становится космических долгожителей - бактерий и микроскопических грибов. В настоящее время, по данным российских ученых, их насчитывается более 250 видов.

В условиях открытого космоса на микроорганизмы могут действовать такие факторы, как температура в зависимости от ориентации объектов по отношению к Солнцу в пределах от –150 до +150 ºС, УФ-облучение и космический вакуум, и, тем не менее, живые клетки микробов американские ученые обнаружили на телевизионной камере, которая в течение 2,5 лет находилась на поверхности Луны

Большой интерес к адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям вызван поисками жизни на других планетах. Наиболее подходящая для существования на ней жизни планета Марс отличается суровыми условиями с земной точки зрения: низкими температурами, которые периодически поднимаются выше точки замерзания воды и чрезвычайной сухостью. Единственными сравнимыми с Марсом условиями на Земле являются сухие долины Антарктики. И здесь обнаружены бактерии. Знания границ жизни на Земле чрезвычайно важны, ибо по ним можно составить представление о физических и химических пределах, в которых жизнь могла возникнуть не только на нашей, но и на других планетах.

Если же говорить о возможности микроорганизмов заселять космические орбитальные станции, то здесь она практически не имеет границ. Ведь искусственная среда обитания, создаваемая и поддерживаемая в космическом объекте, является комфортной для человека и уж тем более для большинства известных микроорганизмов, которые не столь прихотливы в выборе условий жизни.

Источниками поступления микроорганизмов в среду обитания космического объекта являются как космонавты, их покровные ткани и слизистые оболочки, так и различные грузы – оборудование, расходуемые материалы, постоянно доставляемые на борт. Естественно, невозможно полностью ограничить этот процесс, т.к. человек при разговоре, кашле, физической нагрузке, да и просто при дыхании выделяет в окружающую среду значительное количество микробов. Также невозможно обеспечить тотальную стерилизацию всех поступающих в космический корабль грузов, хотя в этом направлении делается очень многое.

На каждом этапе изготовления космического корабля, при монтаже оборудования, перед стартом обязательно проводится дезинфекция. Монтажников допускают к работе только после медосмотра и в специальной сменяемой одежде. Подготовка расходуемых материалов и оборудования для комплектации космических объектов проводится в так называемых чистых помещениях, где контролируется содержание микроорганизмов не только в воздухе и на поверхностях, но и для ряда технологических процессов – на руках исполнителей.

И, несмотря на это, микроорганизмы постоянно попадают в среду обитания космических объектов и многие из них чувствуют себя там очень комфортно. Чем же чреват этот процесс для безопасности космических полетов? На самом деле положение очень серьезное. Во-первых, при снижении иммунитета человека некоторые микроорганизмы, безвредные при других обстоятельствах, могут выступать в роли агентов инфекции и аллергенов. Но есть еще один аспект этой проблемы. Это – установленная способность многих бактерий и особенно плесневых грибов вызывать биопомехи в работе различной аппаратуры, повреждать конструкционные материалы, в том числе синтетические полимеры, провоцировать коррозию металлов.

Знаменательно, что микроорганизмы ведут себя так, как, будто у них есть определенная цель. Такое поведение характерно для всех живых организмов и его называют целесообразным или телеономическим поведением. Совокупность протекающих в них процессов кажется направленной на выполнение предначертанного плана. Цель этого плана, применительно к миру микробов – использовать доступные для клетки в настоящий момент питательные вещества для образования двух клеток из одной с максимально возможной скоростью.

В этой связи следует подчеркнуть еще одну важнейшую особенность, присущую микроорганизмам. Это - способность расщеплять самые разнообразные химические соединения, которую английский ученый Гейл сформулировал как принцип “микробной всеядности”. Имеется в виду принципиальная возможность существования некоего микроорганизма, способного при подходящих условиях окислить любое вещество, теоретически способное к окислению. Таковы, на наш взгляд, общебиологические основания рассматривать потенциальные возможности бактерий и микроскопических грибов вызывать повреждения материалов в качестве одной из фундаментальных проблем обитаемости длительно действующих космических объектов.

Попадая на различные материалы, отдельные виды микроорганизмов, чаще всего бактериально-грибные ассоциации, быстро приспосабливаются к ним и начинают свою жизнедеятельность. В результате этого может изменяться цвет материалов, снижаться механическая прочность, герметизирующие свойства, диэлектрические и другие характеристики.

В настоящее время мировой ущерб от микробиологических повреждений только полимерных материалов превышает 2 % от объема промышленной продукции. Для космических орбитальных станций с учетом сроков их функционирования и требований по обеспечению надежности и безопасности их эксплуатации эта проблема стоит очень остро.

Положение усугубляется еще и тем, что из-за отсутствия сквозной вентиляции в замкнутом объеме влага, содержащаяся в воздухе, может выпадать в отдельных местах в виде росы, так называемого конденсата, содержащего большое количество химических веществ, которые микроорганизмы могут использовать в качестве источника питания. Развитие микроорганизмов могут стимулировать и физические факторы, присущие космическому полету – периодические изменения солнечной активности, радиационные уровни, градиенты магнитных полей и т.д.

Опыт эксплуатации российских орбитальных станций и особенно станции “Мир” свидетельствует о том, что такие процессы, как развитие микробиологических повреждений полимерных конструкционных материалов, возникновение биокоррозии металлов, формирование биопленок и “тромбов” в гидромагистралях систем регенерации воды следует рассматривать как постоянно действующие факторы экологического риска.

Целенаправленные исследования по проблеме микробиологических повреждений конструкционных материалов были начаты в Государственном научном центре Российской Федерации - Институте медико-биологических проблем (ГНЦ РФ ИМБП) в период эксплуатации орбитальной станции “Салют-6”. Пятый основной экипаж этой станции обнаружил наличие белого налета на отдельных участках интерьера, тягах тренажера для физических упражнений и в некоторых других зонах обитаемых отсеков. При исследовании доставленных на Землю проб был выявлен рост плесневых грибов –пенициллов, аспергиллов и фузариумов.

В ходе работы 5-й основной экспедиции на орбитальной станции “Салют-7” было получено сообщение космонавтов о наличии видимого роста плесени в отдельных зонах интерьера, разъемах и кабелях в рабочем отсеке. Фрагменты материалов были отобраны экипажем и доставлены на Землю для проведения лабораторных исследований. Визуальный осмотр полученных фрагментов показал, что мицелий плесневых грибов покрывал от 25 до 50 % поверхности образцов. При осмотре под микроскопом были выявлены изменения структуры образцов, а на отдельных материалах, в частности на изоляционной ленте, были обнаружены сквозные дефекты.

Особый интерес представляет ситуация, связанная с навигационным иллюминатором одного из транспортных кораблей “Союз”, который в течение полугода эксплуатировался в составе орбитальной станции “Мир”. В ходе работы члены 3–го основного экипажа отмечали прогрессирующее ухудшение оптических характеристик иллюминатора. После возвращения транспортного корабля на Землю были проведены исследования, которые выявили следующую картину. На центральном окне и большинстве периферических окон иллюминатора, выполненных из сверхпрочного кварцевого стекла, а также на эмалевом покрытии титановой оправы отмечалось наличие мицелия плесневых грибов и в одном случае отчетливо была видна растущая колония гриба. По линиям роста мицелия стекло было как бы “протравлено”. Визуально создавалось впечатление, что источником обрастания грибами служила паронитовая (резиновая) прокладка, с помощью которой стекло фиксировалось в титановой оправе. Из зон повреждений была выявлена ассоциация микроорганизмов, включающая спорообразующие бактерии и грибы.

Наглядным примером микробиологического повреждения оборудования является ситуация с выходом из строя блока управления прибора коммутационной связи, доставленного на Землю при возвращении со станции “Мир” 24–й основной экспедиции. Под металлическим кожухом прибора был обнаружен активный рост плесневых грибов на изоляционных трубках, контактных колодках, на армированном полиуретане. Этот процесс сопровождался окислением медных проводов в местах повреждения изоляции.

В ходе эксплуатации орбитальной станции “Мир” имели место и другие случаи микробиологических повреждений оборудования. Так, в системе регенерации воды из конденсата неоднократно отмечались нарушения в работе, обусловленные образованием гелеподобных “тромбов” в просвете гидромагистралей, по которым конденсат поступает на регенерацию. В доставленных на Землю фрагментах металлических и полимерных трубопроводов на внутренних поверхностях был обнаружен слизистый налёт и выявлен пристеночный рост бактериально-грибных ассоциаций. Видимый рост плесневых грибов неоднократно фиксировался космонавтами, особенно на оборудовании, расположенном в запанельном пространстве.

Различают два основных типа агрессии микроорганизмов в отношении конструкционных материалов: “прямое воздействие”, т.е. ферментативное разложение материалов с использованием их в качестве источника питания и “косвенное воздействие” - рост на загрязнениях, попадающих на поверхности материалов, с выделением продуктов жизнедеятельности, например, органических кислот. Ярким примером “косвенного воздействия” является повреждение сверхпрочного кварцевого стекла иллюминатора. Микроорганизмы, конечно же, не использовали его в качестве питательного субстрата, они росли на его поверхности за счёт липидной плёнки, конденсата атмосферной влаги и прочих загрязнений, но при этом, выделяя продукты метаболизма, нарушали его оптические характеристики.

Существенно важным является то обстоятельство, что отдельные микроорганизмы проявляют способность к резидентному заселению конструкционных материалов среды орбитального комплекса “Мир”. Проведенные в ГНЦ РФ ИМБП совместно со специалистами МГУ им. М.В. Ломоносова генетические исследования подтвердили наличие такого свойства у некоторых культур выделенных в условиях полета. Так, было показано, что штаммы некоторых грибов, выделенные в 1995 г., являлись потомками культур, обнаруженных в 1988 году.

И вместе с тем, космическая орбитальная станция “Мир” успешно функционирует уже 15 лет. И здесь немаловажную роль играет используемая система обеспечения микробиологической безопасности, разработанная в ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Об эффективности указанной системы свидетельствует следующее:

- за весь период эксплуатации не зарегистрировано случаев заноса в орбитальный комплекс возбудителей острозаразных инфекций; у членов 28 основных экипажей не отмечено случаев возникновения инфекционных заболеваний, за исключением локализованных воспалительных процессов (несколько случаев) в результате микротравм кожных покровов;

- уровни микробной загрязнённости газовой среды, поверхностей интерьера и оборудования и питьевой воды в большинстве случаев поддерживались в пределах установленных нормативов.

В процессе полёта периодически отбирали пробы микрофлоры воздуха, конденсата атмосферной влаги, регенерированной воды, поверхностей декоративно-отделочных и конструкционных материалов. Пробы анализировали на Земле и при необходимости экипажу выдавали рекомендации по проведению санитарно-гигиенических мероприятий. Один раз в две недели на борту проводили санитарную уборку с использованием пылесоса и специальных салфеток, пропитанных антимикробными средствами. Для очистки газовой среды от микроорганизмов периодически включалась установка “Поток-150 М”, обеспечивающая фильтрацию воздушных потоков. Проводилась изоляция и удаление отходов с помощью использованных грузовых транспортных кораблей.

Для предотвращения микробиологических повреждений конструкционных материалов и оборудования космонавты по специальной методике периодически проводили осмотр поверхностей интерьера и оборудования станции, включая запанельное пространство. При обнаружении зон, подозрительных на наличие микроорганизмов, отбирали пробы микрофлоры и проводили обработку выявленных зон специальным средством “Фунгистат”.

Предстоящий управляемый спуск станции “Мир” с орбиты и ее затопление в Тихом океане не приведут к какой-либо микробиологической катастрофе для жителей Земли. Этот вывод основывается на том, что, во-первых, космонавты до года и более жили и работали в соседстве с микроорганизмами, населяющими станцию. Во-вторых, на Землю со станции “Мир” неоднократно доставляли различные грузы (оборудование, приборы, микробиологические пробы) и конструкции, поврежденные бактериями и микроскопическими грибами, для проведения соответствующих исследований. В-третьих, все предыдущие пилотируемые орбитальные станции – “Скайлэб” и “Салюты”, - после окончания их эксплуатации возвращались в заданные районы Земли в виде фрагментов без каких-либо экологических последствий для биосферы нашей планеты.

В настоящее время для повышения эффективности существующей системы обеспечения микробиологической безопасности пилотируемых космических полетов учёные ГНЦ РФ - ИМБП РАН решают ряд прикладных задач, важнейшими из которых являются следующие: разработка адекватной методики и стандарта для аттестации материалов на микробиологическую устойчивость; отработка методов модификации поверхности материалов, обеспечивающих их защиту от воздействия микроорганизмов (придание гидрофобных и биоцидных свойств); создание бортовых инструментальных методов раннего выявления и диагностики микробиологических повреждений. Решение этих задач позволит обеспечить благоприятную экологическую обстановку на Международной космической станции в течение длительного срока.

Как видно, вопрос адаптации микроорганизмов в космосе на сегодняшний день активно изучается, и способен, по-видимому, привнести большой вклад не только в развитие космонавтики и смежных наук, но и в ряд областей микробиологии и генетики, так как, возможно, в условиях космоса протекание таких физиологических и наследственных процессов в микроорганизмах, которые невозможны или затруднительны на Земле.

**Список литературы:**

1. Жизнь микробов в экстремальных условиях, Д. Кашнер, Д. Баросс, Р. Морита; Под ред. Д. Кашнера; М. 1981;

2. Обзор иностранной прессы в Интернете: адрес статьи http://www.inopressa.ru/print/wsj/2004/11/16/12:16:47/bacteriya;

3. Ю.А. Николаев, Внеклеточные факторы адаптации бактерий к неблагоприятным условиям среды / Журнал «Прикладная биохимия и микробиология», 2004, том 40, № 4, с. 387-397;

4. Н.Д. Новикова, Длительные космические полеты человека и проблемы микробиологической безопасности; ИМБП РАН (Адрес в Интернете: http://www.imbp.ru).