

Биотехносфера и околоземное космическое пространство

А.Л. Суздалева, докт. биол. наук, профессор

Московский энергетический институт (Национальный исследовательский университет МЭИ)

email: SuzdalevaAL@yandex.ru

Ключевые слова:

микробиологическое загрязнение космоса, космическая станция, космический туризм, панспермия, техногенная биологическая инвазия.

Интенсивное освоение околоземного космического пространства сопровождается его микробиологическим загрязнением. Жизнеспособные бактерии уже обнаружены на внешних конструкциях Международной космической станции. Вокруг обитаемого космического аппарата формируется тонкая газовая оболочка и образуется слой органических осадков. Они могут служить субстратом для развития некоторых форм микроорганизмов. В результате в космосе возникает простейшая природно-техническая система. Биологические объекты могут поступать в нее из атмосферы Земли или при утечке газов из обитаемых космических аппаратов. В ближайшее время количество орбитальных космических станций многократно возрастет. Часть из них будет создана частными фирмами с целью развития космического туризма. Между орбитальными станциями и Землей будет осуществляться постоянная перевозка большого количества людей и грузов. Вместе с ними в обоих направлениях будут перемещаться микроскопические биологические объекты. В результате природно-технические системы космических аппаратов войдут в состав глобальной природно-технической системы – биотехносферы. В космосе могут возникнуть новые штаммы микроорганизмов, представляющие опасность для человека. Эксплуатация в космическом пространстве большого количества обитаемых станций гипотетически создает условия для проникновения на Землю инопланетных форм жизни. Для своевременной идентификации подобных угроз предложено создать междисциплинарный комплекс научных исследований. Его цель – мониторинг появления новых микроорганизмов на всех этапах их перемещения из космоса на Землю. Отдельное внимание должно быть уделено изучению биологических объектов, обнаруженных на Земле в местах, малоприспособленных для земных микроорганизмов, например в различных технологических средах или скоплениях токсичных отходов.

1. Введение в проблему

В научной литературе термин *биотехносфера* используется для обозначения современной биосферы, трансформированной под воздействием технической деятельности человека [1]. Таким образом, биотехносфера в отличие от биосферы представляет собой природно-техническую систему (ПТС), т.е. совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, состояние и функционирование которых взаимосвязаны и взаимозависимы. В настоящее время от своевременного исследования тенденций в развитии биотехносферы и в разработке

методов управления ими зависит сохранение среды, пригодной для существования человека и других форм земной жизни.

Несмотря на постоянно усиливающуюся техногенную трансформацию, биотехносфера сохраняет свою целостность как единая система, обладающая динамично развивающейся структурно-функциональной организацией, которая включает комплекс материальных тел (структурных элементов), связанных в единое целое вещественными и энергетическими потоками (функциональными связями) [2]. В состав структурных элементов биотехносферы входят

все ранее существовавшие элементы биосферы, к которым добавляются различные техногенные объекты и образования (побочные продукты человеческой деятельности, например скопления отходов).

Техногенез биосферы сопровождается не только перестройкой структурно-функциональной организации, но и изменением ее пространственных границ. Согласно учению В.И. Вернадского, верхняя граница биосферы совпадает с границей преобразованной жизнедеятельностью организмов газовой оболочки планеты — атмосферы. Но биотехносфера начинает распространяться и за пределы газовой оболочки Земли. Это происходит благодаря сочетанию двух явлений: выноса в околоземное космическое пространство микроорганизмов, сохраняющих жизнеспособность, и присутствия в этом пространстве техногенных объектов, пригодных для их аккумулярования и развития.

Существование данного процесса нашло фактическое подтверждение в результатах исследований, проведенных в последние годы. На поверхности Международной космической станции (МКС) зафиксировано присутствие жизнеспособных земных микроорганизмов [3–4]. Среда, в которой они обнаружены, по своим свойствам существенно отличается от условий на поверхности естественных космических тел. Вокруг длительное время эксплуатируемых орбитальных комплексов формируются небольшие скопления газов, получившие название «*собственные внешние атмосферы*» (СВА). Их состав принципиально отличен от атмосферы Земли. Например, СВА МКС формируется из продуктов сгорания топлива собственных двигателей ориентации и коррекции, а также двигателей транспортных космических аппаратов, доставляющих грузы; из газообразных и пылевых выбросов, возникающих при стыковке аппаратов и выходе в открытый космос членов экипажа; путем сорбции и аккумуляции вещества, рассеянного в космическом пространстве. Часть компонентов СВА осаждаются на внешней поверхности конструкций. Образующийся слой осадков включает органические вещества, что способствует адсорбции микроорганизмов на данном субстрате. Можно также допустить, что хотя бы на непродолжительные периоды в некоторых элементах конструкции космических аппаратов возникают условия для активной жизнедеятельности микроорганизмов. Необходимый для этого уровень температуры среды может обеспечиваться солнечным нагревом или рассеянием теплоты при работе технических устройств. Слой осадков, выпадающих из СВА, гипотетически может использоваться микроорганизмами как питатель-

ный субстрат. В этом случае космические аппараты, обладающие СВА, осемененной микроорганизмами, представляют собой простейшие ПТС. Их размеры и степень пригодности для обитания микроорганизмов зависят от масштабов, конструктивных и эксплуатационных особенностей объектов космической техники.

2. Естественные механизмы проникновения микроорганизмов в околоземное космическое пространство

Все обнаруженные на МКС микроорганизмы относятся к видам, ранее уже описанным при проведении микробиологических исследований на Земле [3–4]. В качестве возможных источников присутствия микроорганизмов на внешней поверхности космической станции, помимо их попадания сюда из внутренних отсеков МКС, указываются вынос атмосферных аэрозолей в околоземное космическое пространство и их оседание на внешней поверхности различных конструкций. Данное предположение не лишено оснований, так как часть аэрозолей, попадающих в атмосферу и способных достигать ее верхних слоев, либо представлены биоаэрозолями, либо содержат биоаэрозольные агломераты (микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности) [5].

Поступление подобных частиц в околоземное космическое пространство может происходить в процессе диссипации атмосферы, т.е. рассеивания элементов внешней газовой оболочки планеты, содержащей частицы аэрозолей. Эти частицы, покидая пределы атмосферы, становятся частью космической пыли. Возможность существования такого механизма микробиологического загрязнения космической техники подтверждается результатами специальных исследований. Жизнеспособные микроорганизмы обнаружены в самых верхних слоях атмосферы [6–7]. Кроме того, установлено, что некоторые земные микроорганизмы, попадая в космическое пространство, длительное время сохраняют жизнеспособность [8–9].

Существует и другая гипотеза, обосновывающая возможность выноса микроорганизмов за пределы атмосферы работой глобальной электрической цепи. *Глобальная электрическая цепь* — это система электрических токов, возникающая в атмосфере и пронизывающая нижнюю атмосферу, ионо- и магнитосферу. (В упрощенном виде ее можно уподобить электрическому конденсатору, обкладками которого являются поверхность Земли и ее ионосфера, граничащая с околоземным космическим пространством.) Элементы глобальной электрической цепи разделены слоями атмосферы с низкой проводимостью, но на-

ходятся во взаимодействии, проявляющемся не только в потоках энергии, но и в вертикальном перемещении частиц вещества. В связи с этим высказывается предположение о возможности переноса клеток морского бактериопланктона по восходящей ветви глобальной электрической цепи до орбиты МКС, где они были обнаружены [10].

Вероятно, одновременно существуют оба описанных механизма выноса биоаэрозолей за пределы атмосферы. Их результаты принципиально не различаются — это рассеивание микроорганизмов в околоземном космическом пространстве, потому в целом это явление можно обозначить обобщающим термином «*планетарная диссипация биологических объектов*» (от лат. *dissipatio* — рассеивание). Обсуждая проблему планетарной диссипации земных организмов, следует помнить, что процессы глобального техногенеза привели к значительному увеличению в атмосфере количества взвешенных частиц [11]. Это существенно повышает вероятность проникновения микроорганизмов в околоземное космическое пространство. Таким образом, планетарная диссипация биологических объектов может представлять собой как природный, так и природно-техногенный процесс.

3. Формирование сообществ микроорганизмов в околоземном космическом пространстве

Можно предположить, что диссипированные микроорганизмы будут обнаружены и на других объектах космической техники, вокруг которых могут сформироваться СВА, а поверхность покрыться тонким слоем выпадающих из них осадков. В этом случае обитаемые орбитальные космические станции и некоторые искусственные спутники Земли способны превратиться в островки существования особых микробных сообществ, которые можно назвать *космическими экзозооценозами (космоэкзозооценозами)* в отличие от *космических эндоценозов (космоэндоценозов)*, состоящих из комплекса микроорганизмов, приспособившихся к жизни внутри обитаемых космических аппаратов [12]. Между этими средами обитания микроорганизмов возможен обмен биологическим материалом.

Значимым фактором развития космоэкзозооценозов станет увеличение в околоземном космическом пространстве количества обитаемых космических аппаратов, внутри которых содержится необходимая для жизни человека воздушная среда. Какая-то ее часть в результате различных утечек неизбежно будет попадать в космическое пространство. В ходе дальнейшего освоения околоземного космического

пространства суммарный объем подобных утечек может достичь уровня, при котором этот процесс может рассматриваться как *техногенная диссипация земной атмосферы*. Пусть даже небольшие по объему, но многочисленные и происходящие в различных точках околоземного космического пространства утечки воздуха будут сопровождаться поступлением в него микроорганизмов. Часть из них длительное время сохраняет жизнеспособность и способна заселять СВА космической техники. Данный процесс можно обозначить термином «*техноспермия*». Таким образом, возможны три механизма выноса биологических объектов за пределы атмосферы:

- **природная диссипация микроорганизмов** в результате естественного процесса диссипации атмосферы вместе с содержащимися в ней биоаэрозолями и под воздействием работы глобальной электрической цепи;
- **природно-техногенная диссипация микроорганизмов**, отличающаяся тем, что частицы, выносимые из атмосферы в ходе естественных процессов, имеют техногенное происхождение;
- **техногенная диссипация микроорганизмов**, являющаяся результатом техноспермии.

Значение последнего пути микробиологического загрязнения околоземного космического пространства в будущем, вероятно, возрастет. В ближайшее время возникнет развитая *околоземная инфраструктура*, состоящая из объектов космической техники различного назначения [13]. Ее существенную часть составят пилотируемые человеком летательные аппараты многоразового пользования, а также космические станции для длительного пребывания в них людей. Подобные проекты разрабатываются в странах ЕС, в Китае, Индии, Японии и США. Кроме того, предусматривается участие в этой деятельности частных компаний. В ряде стран (прежде всего в США) таким фирмам оказывается финансовая и административная поддержка. Они получают лицензии на строительство и запуск пилотируемых космических аппаратов, им предоставляются площадки и поля падения ступеней, т. е. по сути, условия для развития частных космодромов. Причем, если раньше планировалось передать этим компаниям сегмент строительства и эксплуатации сверхлегких коммерческих носителей грузоподъемностью до 500 кг, то сейчас некоторые из них (Virgin Galactic, Bigelow Aerospace, Xcor Aerospace) заявляют о готовности создавать орбитальные обитаемые модули для научной и туристической деятельности [14]. Они планируют отправлять людей в космос в массовом масштабе и при относительно низкой стоимости по-

летов. Данный процесс неизбежно будет сопровождаться:

- созданием и эксплуатацией на орбите Земли многочисленных обитаемых космических аппаратов, практически каждый из которых будет обладать СВА и слоем органических осадков на поверхности;
- интенсивными перевозками значительного количества людей на частные космические станции, а также грузов, необходимых для их жизнеобеспечения;
- накоплением на этих станциях технологических отходов и продуктов жизнедеятельности людей, необходимых их обработки на месте и частичной транспортировки на Землю.

Формирование СВА многочисленных космических аппаратов неизбежно вызовет повышение концентрации жизнеспособных спор в околоземном космическом пространстве и вероятность их оседания на другие тела. В этом случае фрагментарные ПТС отдельных объектов космической техники, взаимодействуя между собой, сформируют крупномасштабную ПТС, охватывающую все околоземное космическое пространство. Увеличение количества полетов также вызовет интенсификацию взаимодействия земных и околоземных ПТС, в том числе их обмен биологическими объектами. Именно по этой причине данный процесс следует рассматривать как распространение биотехносферы на околоземное космическое пространство, формирование ее особой части — *экзобиотехносферы*.

4. Проблемы обеспечения техносферной безопасности при развитии микроорганизмов в околоземном космическом пространстве

Согласно определению, принятому МЧС России, *техносферная безопасность* — это свойство техносферы (совокупности технических объектов) не причинять вреда при всех условиях эксплуатации [15]. Понятие «вред» в данном случае следует трактовать в самом широком смысле, включая все аспекты нанесения ущерба здоровью человека, а также экологического и экономического ущерба. С этой точки зрения, образование экзобиотехносферы на основе совокупности пилотируемых и обитаемых космических аппаратов может сопровождаться возникновением комплекса новых проблем в области обеспечения техносферной безопасности. Количественные показатели уровня микробиологического загрязнения околоземного космического пространства всегда будут на много порядков ниже, чем в атмосфере. Но присутствие в нем жизнеспособных микроорга-

низмов может создать реальные угрозы для жизни и деятельности людей. Рассмотрим основные.

1. Высказываются опасения последствий обмена биологическими объектами между космическими эко- и эндоценозами [4]. Это будет обусловлено прогнозируемым многократным увеличением числа выхода людей в открытый космос по мере развития космического туризма и частной научной деятельности. На основании результатов экспериментальных исследований специалисты допускают, что во время пребывания в космосе, подвергаясь мутагенному воздействию излучений, микроорганизмы могут приобрести новые, в том числе патогенные свойства [12]. Несмотря на работу устройств по стерилизации среды космических станций, некоторые формы микроорганизмов существуют в них в течение длительного времени. Поэтому неконтролируемое проникновение микроорганизмов с поверхности космической станции в ее обитаемые отсеки может вызвать заболевания у космонавтов и космических туристов.

2. Значительно более негативные последствия может иметь «возвращение на Землю» новых патогенных штаммов микроорганизмов, возникших в СВА объектов космической техники. На Земле, в отличие от замкнутой внутренней среды космической станции, их распространение будет сложнее предотвратить.

3. Проникающие на Землю из космоса новые штаммы микроорганизмов могут вызвать заболевания не только у человека, но и других организмов. Своевременно идентифицировать «внеземной» характер возбудителей эпизоотий и эпифитотий будет значительно сложнее, чем установить аналогичную причину заболевания людей.

4. Микроорганизмы считаются одной из главных причин биоповреждения материалов и биопомех при эксплуатации техники. Подобные явления уже наблюдались на космических станциях «Мир» и МКС [12].

5. Доставленные на Землю из космоса мутировавшие микроорганизмы могут вызвать возникновение новых форм биоповреждений и биопомех. Например, можно представить катастрофичность последствий развития на Земле микроорганизмов, способных разрушать углеводородное топливо. Меры, направленные на предотвращение неконтролируемого переноса микроорганизмов космической техникой, принимаются уже давно. Еще в 1962 г. Комитет по космическим исследованиям разработал концепцию планетарного карантина, ставшую основой для заключения международных соглашений. Причем эта деятельность осуществляется в двух

направлениях: разрабатываются методы стерилизации объектов, прибывающих из космоса, и меры, направленные на предотвращение попадания земных микроорганизмов на другие космические тела. Однако, по мнению специалистов [16], полностью стерилизовать космический корабль невозможно. Значительное увеличение числа участников освоения космического пространства, сопровождающееся стремительным ростом количества и масштабов объектов околоземной инфраструктуры, а также расширением их функций, заставляет опасаться утраты даже существующего контроля. Как показывает опыт, ряд стран в ускоренном режиме осваивающих новые технологические возможности, не уделяя должного внимания мерам по обеспечению техносферной безопасности. Еще большие опасения вызывает подключение к освоению околоземного космического пространства частных компаний.

5. Экзобиотехносфера как область адаптации и путь проникновения на Землю инопланетных форм жизни

Рассматривая проблему развития экзобиотехносферы, нельзя не остановиться на таком важном аспекте, как ее возможная роль в процессе проникновения на Землю инопланетных форм жизни. Впервые гипотеза о возможности перемещения «зачатков жизни» между различными планетами, названная «панспермией», была выдвинута в 1865 г. немецким ученым Г.Э. Рихтером. Более детально эта идея была обоснована в начале XX в. шведским химиком С. Аррениусом. Ограниченные объемы журнальной публикации не позволяют детально обсудить вопрос: что собственно можно рассматривать в качестве подобных «зачатков жизни»? Под ними мы понимаем любые самовоспроизводящиеся системы, в основе которых лежат процессы репликации¹ полимерных соединений углерода, прежде всего нуклеиновых кислот. Под это определение подходят все проявления земной жизни — от прионов и вирусов до многоклеточных эукариот².

В настоящее время панспермия остается лишь гипотезой, еще не получившей подтверждения. Вместе

с тем получены результаты, косвенно свидетельствующие о принципиальной возможности этого явления. Так, при исследовании метеоритного материала получен ряд фактов, указывающих на возможное присутствие в них различных «следов» органической жизни [17]. Углубляются и расширяются представления о гипотетических механизмах панспермии. Так, для описанного выше выноса микроорганизмов за пределы земной атмосферы, благодаря работе глобальной электрической цепи, предложен термин «не-аррениусовский механизм панспермии» [3]. Его отличие заключается в том, что биологические объекты не переносятся в составе метеоритного или кометного материала, а активно рассеиваются из атмосферы планет под действием естественных электроточков и распространяются в форме космической пыли.

До интенсивного освоения околоземного космического пространства вероятность спонтанного проникновения на Землю инопланетных организмов была низкой. Даже если допустить, что в метеоритном веществе присутствовали какие-то «зачатки жизни», то на пути их проникновения на Землю существовало как минимум два труднопреодолимых барьера. Первый из них — это прохождение через плотные слои атмосферы в составе макроскопических объектов, где большинство из них сгорают. Второй барьер, например возникающий при оседании на Землю из космоса частиц космической пыли, заключается в том, что инопланетным микроорганизмам в течение кратчайшего срока необходимо адаптироваться к новым условиям существования.

Развитие околоземной инфраструктуры и возникновение экзобиотехносферы создают принципиально новую ситуацию. Инопланетные формы жизни, попадая в СВА космических аппаратов, могут в течение длительного времени приспособиваться к новым условиям. Их последующее проникновение из комических экзоценозов в космические эндоценозы делает возможным попадание на Землю, минуя ранее непреодолимые барьеры, например с потоком космических туристов. В целом этот процесс можно рассматривать как один из механизмов «техногенной биологической инвазии» [18]. Гипотетически обоб-

¹ Репликация (от лат. replicatio — возобновление, повторение). Репликация (биология) — процесс самовоспроизведения макромолекул нуклеиновых кислот, обеспечивающий точное копирование генетической информации и передачу её от поколения к поколению. Биологический смысл репликации — сохранение и точная (неискажённая) передача генетической информации в ряду поколений клеток и организмов, а также при воспроизведении ДНК-содержащих структур (митохондрий, пластид, некоторых вирусов). Поэтому репликация всегда предшествует делению ядер у эукариотических клеток, делению клеток бактерий, размножению вирусов и т.п. (Редакция)

² Эукариоты — организмы, клетки которых содержат оформленные, ограниченные оболочкой ядра («эукариоты» буквально означает «ядерные»). К эукариотам относятся животные, растения и грибы, т. е. все организмы, как многоклеточные, так и одноклеточные, за исключением бактерий (Редакция).

1

- Попадание инопланетного организма в СВА космического аппарата, эксплуатируемого на орбите Земли
- Адаптация инопланетного организма к существованию в космическом экзотеннозе, его приспособление к использованию техногенных продуктов в качестве источника питания

2

- Проникновение вселенца в эндоценоз космического аппарата; распространение вселенца в экзотеннозах других объектов околоземной инфраструктуры, благодаря техногенной диссипации и при стыковках объектов космической техники
- Адаптация вселенца в космическом эндоценозе: использование для своего развития органических и неорганических субстратов, в т.ч. человеческого организма, продуктов его жизнедеятельности и технологических отходов

3

- Проникновение инопланетного организма на Землю при перевозке людей и грузов (собственно, техногенная биологическая инвазия)
- Адаптация вселенца к земным условиям, т.е. освоение инопланетным организмом сред, пригодных для его развития
- Распространение космического вселенца на Земле в различных ПТС и естественных экосистемах в ходе дальнейшей адаптации к земным условиям

Рисунок. Гипотетическая схема техногенной биологической инвазии инопланетных биологических объектов

щенная схема данного процесса представлена на рисунке.

Обнаружить инопланетный организм можно на любом из этих этапов. Наибольшая вероятность идентификации космического переселенца возникает при заражении им людей внутри космических станций, которое вызывает у них острое, ранее не встречавшееся заболевание. В остальных случаях велика вероятность, что событие панспермии длительное время будет оставаться незамеченным. Так, обнаружение на объектах околоземной инфраструктуры какого-то неидентифицируемого биологического объекта не может рассматриваться как беспспорное доказательство его внеземного происхождения. Можно предположить, что это еще не описанный земной организм, претерпевший в ходе адаптации к условиям экзобиотехносферы существенные морфологические и физиологические изменения.

Инвазию внеземной жизни может обусловить ряд факторов. При заражении человека инопланетным организмом острой реакции может и не наблюдаться. Космический переселенец может не реагировать на меры дезинфекции техники и отходов. Следует помнить, что эффективность этих средств проверялась на земных биологических объектах.

При обсуждении теории панспермии неоднократно высказывалось мнение, что даже если инопланетные микроорганизмы достигнут биосферы, они

не смогут развиваться вследствие конкуренции с более приспособленными к этим условиям земными формами. Техногенез окружающей среды существенно изменяет данный аспект проблемы. В ходе техногенеза появляются разнообразные искусственные субстраты, которые могут стать средой для развития чужеродных организмов. В связи с этим следует помнить, что адаптация представителей инопланетной жизни при их гипотетическом контакте с объектами околоземной инфраструктуры будет проходить в сходных условиях. Наибольший интерес в этом отношении представляют технологические среды и техногенные образования, малоприспособленные или полностью непригодные для обитания земных организмов.

Технологические среды — это твердые, жидкие, газообразные и многофазные объекты, активно или пассивно используемые в технологическом процессе производства или применения продукции. С экологической точки зрения подобные объекты рассматриваются исключительно как потенциальные источники негативного воздействия. Присутствие в них каких-либо организмов начинают изучать только в тех случаях, когда они вызывают биопомехи, препятствующие производственной деятельности. Но и тогда массовое развитие микроорганизмов описывается как возникновение «слизи», «биоленки», а главной целью становится их ликвидация. Идентификация микроорганизмов проводится край-

не редко. Недостаточное внимание уделяется и исследованию состава микроорганизмов, населяющих техногенные образования, представляющие собой скопления побочных продуктов технической деятельности. Их примерами могут служить хвостохранилища, формирующиеся вблизи горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий, свалки строительных и иных отходов, окаймляющие крупные города, и т. п. [1].

6. Заключение

Тенденции в освоении околоземного космического пространства позволяют рассматривать его как стремительно формирующуюся новую часть биотехносферы — экзобиотехносферу. Ее элементами выступают природно-технические системы, образующиеся на базе космических аппаратов, которые обладают собственной воздушной атмосферой, пригодной для сохранения в жизнеспособном состоянии различных биологических объектов. Благодаря техносферии, сопутствующей эксплуатации орбитальных станций, возникает микробиологическое загрязнение околоземного космического пространства, ведущее к развитию космических экзо- и эндоценозов.

Неконтролируемое развитие экзобиотехносферы при формировании околоземной инфраструктуры, благодаря которой возникают условия для техногенных биологических инвазий из околоземного космического пространства, создает комплекс новых проблем в области техносферной безопасности, включая

возникновение новых инфекционных заболеваний, а также новых биологических агентов, вызывающих биоповреждения и биопомехи. Возникновение экзобиотехносферы гипотетически создает принципиально новые условия панспермии. Однако фиксация события панспермии как научного факта невозможна без проведения комплекса специальных исследований, способных ретроспективно установить путь инвазии космического вселенца и доказать его инопланетное происхождение. Это предполагает формирование междисциплинарного комплекса исследований, включающего:

- сравнительное изучение состава космических экзо- и эндоценозов;
- скоординированные международные медицинские исследования людей, побывавших на космических станциях (особое внимание необходимо уделять работе в этой сфере частных компаний, осуществляющих туристическую деятельность);
- специальное изучение результативности методов стерилизации различных грузов, прибывающих на Землю из космоса;
- идентификацию возбудителей новых заболеваний человека, животных и растений с учетом результатов исследований космических экзо- и эндоценозов;
- анализ с учетом этой же информации новых видов биоповреждений и биопомех, а также результатов микробиологических исследований технологических сред и техногенных образований.

Литература

1. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Биотехносфера: экология и безопасность жизнедеятельности. М.: Изд-во МГПУ, 2017. — 240 с.
2. Суздалева А.Л. Создание управляемых природно-технических систем. М.: ИД ЭНЕРГИЯ, 2016. — 160 с.
3. Сыроешкин А.В., Гребенникова Т.В., Лапшин В.Б., Южаков А.Г., Садыкова Г.В., Цыганков О.С., Шубралова Е.В., Шувалов В.А., Морозова М.А., Чичаева М.А., Головкин А.В. Бактерии мирового океана и суши земли в космической пыли на международной космической станции: панспермия или ионосферный «лифт»? // Гелиогеофизические исследования. 2013. Вып. 5. С. 124–132.
4. Цыганков О.С., Гребенникова Т.В., Дешева Е.А., Лапшин В.Б., Морозова М.А., Новикова Н.Д., Поликарпов Н.А., Сыроешкин А.В., Шубралова Е.В., Шувалов В.А. Исследования мелкодисперсной среды на внешней поверхности международной космической станции в эксперименте «ГЕСТ»: обнаружены жизнеспособные микробиологические объекты // Космическая техника и технологии. 2015. № 1(8). С. 31–41.
5. Holton J.R., Haynes P.H., Douglass A.R., Rood R., Pfister L. Stratosphere-troposphere exchange. Rev. Geophys. 1995. V. 33. № 4. P. 403–439.
6. Imshenetsky A.A., Lysenko S.V., Kazakov G.A., Ramkova N.V. On microorganisms of the stratosphere. Life Sci. Space Res. 1976. V. 14. P. 359–362.
7. Wainwright M., Wickramasinghe N.C., Narlikar J.V., Rajaratnam P. Microorganisms cultured from stratospheric air samples obtained at 41 km. FEMS Microbiol. Lett. 2003. V. 218. № 1. P. 161–165.
8. Баранов В.М., Новикова Н.Д., Поликарпов Н.А., Сычев В.Н., Левинских М.А., Алексеев В.Р., Окуда Т., Сугимото М., Гусев О.А., Григорьев А.И. Эксперимент «Биориск»: 13-месячная экспозиция покоящихся форм организмов на внешней стороне российского сегмента Международной космической станции (предварительные результаты) // Доклады Академии наук. 2009. Т. 426. № 5. С. 706–709.

9. Новикова Н.Д., Поликарпов Н.А., Дешева Е.А., Свистунова Ю.В., Григорьев А.И. Результаты исследований в эксперименте по длительному экспонированию микроорганизмов в условиях открытого космоса // Авиационная и экологическая медицина. 2007. Т 41. № 2. С. 14–20.
10. Анисимов С.В. Глобальная электрическая цепь геосферных оболочек // Глобальная электрическая цепь. Материалы Всероссийской конференции. Ярославль: Геофизическая обсерватория «Борок», 2013. С. 6–7.
11. Трифионов К.И., Девисиллов В.А. Физико-химические процессы в техносфере. М.: Форум, Инфра-М, 2010. — 240 с.
12. Новикова Н.Д. Микробиологическая безопасность космических полетов. 7 фактов об адаптации микроорганизмов к космической среде [Электронный ресурс] // FAQ. 25 июня 2013. URL: <https://postnauka.ru/faq/13770> (дата обращения 30.01.2017)
13. Оценки и рекомендации по итогам слушания Экспертного совета «Перспективы пилотируемой космонавтики России». [Электронный ресурс]. М.: Экспертный совет председателя коллегии военно-промышленной комиссии, 2015. 19 с. URL: <http://mosspaceclub.ru> (дата обращения 30.01.2017).
14. Пилюгина А.В. Модели финансирования частных компаний космической отрасли [Электронный ресурс] // Инженерный вестник. 2014. № 11. С. 1037–1044. URL: <http://engbul.bmstu.ru/doc/751824.html> (дата обращения 30.01.2017).
15. Ефремов С.В. Управление техносферной безопасностью. Краткий курс. СПб.: Санкт-Петербургск. политех. ун-т, 2013. 46 с.
16. Новикова Н.Д. Планетарный карантин. 7 фактов о возможности заражения других планет земными формами жизни [Электронный ресурс] // FAQ. 18 марта 2013. URL: <https://postnauka.ru/faq/10523#> (дата обращения 30.01.2017)
17. Розанов А.Ю. Цианобактерии и, возможно, низшие грибы в метеоритах // Соросовский общобразовательный журнал. 1996. № 11. С. 61–65.
18. Суздалева А.Л., Безносков В.Н., Горюнова С.В. Биологические инвазии в природно-технических системах // Вестник Российского Университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 3. С. 34–39.

References

1. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. *Biotekhnosfera: ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Biotechnosphere: ecology and life safety]. Moscow, MGPU Publ., 2017. 240 p. (in Russian)
2. Suzdaleva A.L. *Sozдание upravlyaemykh prirodno-tekhnicheskikh system* [Creation of controlled natural-technical systems]. Moscow, ID ENERGIYa Publ., 2016. 160 p. (in Russian)
3. Syroeshkin A.V., Grebennikova T.V., Lapshin V.B., Yuzhakov A.G., Sadykova G.V., Tsygankov O.S., Shubralova E.V., Shuvalov V.A., Morozova M.A., Chichaeva M.A., Golovko A.V. Bakterii mirovogo okeana i sushi zemli v kosmicheskoy pyli na mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii: panspermiya ili ionosfernyy «lift»? [Bacteria of the world's oceans and land sushi in cosmic dust on the international space station: panspermia or ionospheric "lift"?]. *Geliogeofizicheskie issledovaniya* [Heliogeophysical research]. 2013, I. 5, pp. 124–132. (in Russian)
4. Tsygankov O.S., Grebennikova T.V., Deshevaya E.A., Lapshin V.B., Morozova M.A., Novikova N.D., Polikarpov N.A., Syroeshkin A.V., Shubralova E.V., Shuvalov V.A. Issledovaniya melkodispersnoy sredy na vneshney poverkhnosti mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii v eksperimente «TEST»: obnaruzheny zhiznesposobnye mikrobiologicheskie ob'ekty [Studies of a finely dispersed medium on the outer surface of an international space station in the "TEST" experiment: viable microbiological objects were discovered]. *Kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii* [Space technology and technology]. 2015, I. 1(8), pp. 31–41. (in Russian)
5. Holton J.R., Haynes P.H., Douglass A.R., Rood R., Pfister L. Stratosphere-troposphere exchange // *Rev. Geophys.* 1995. V. 33. I. 4. P. 403–439. (in Russian)
6. Imshenetsky A.A., Lysenko S.V., Kazakov G.A., Ramkova N.V. On microorganisms of the stratosphere // *Life Sci. Space Res.* 1976. V. 14. P. 359–362. (in Russian)
7. Wainwright M., Wickramasinghe N.C., Narlikar J.V., Rajaratnam P. Microorganisms cultured from stratospheric air samples obtained at 41 km. // *FEMS Microbiol. Lett.* 2003. V. 218. I. 1. P. 161–165. (in Russian)
8. Baranov V.M., Novikova N.D., Polikarpov N.A., Sychev V.N., Levinskikh M.A., Alekseev V.R., Okuda T., Sugimoto M., Gusev O.A., Grigor'ev A.I. Eksperiment «Biorisk»: 13-mesyachnaya ekspozitsiya pokoyashchikhsya form organizmov na vneshney storone rossiyskogo segmenta Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii (predvaritel'nye rezul'taty) [Experiment "Biorisk": 13-month exposition of resting forms of organisms on the outer side of the Russian segment of the International Space Station (preliminary results)]. *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. 2009, V. 426, I. 5, pp.706–709. (in Russian)
9. Novikova N.D., Polikarpov N.A., Deshevaya E.A., Svistunova Yu.V., Grigor'ev A.I. Rezul'taty issledovaniy

- v eksperimente po dlitel'nomu eksponirovaniyu mikroorganizmov v usloviyakh otkrytogo kosmosa [Results of studies in the experiment on long exposure of microorganisms in the conditions of open space]. *Aviatsionnaya i ekologicheskaya meditsina* [Aviation and Environmental Medicine]. 2007, V. 41, I. 2, pp. 14–20. (in Russian)
10. Anisimov S.V. Global'naya elektricheskaya tsep' geosferykh obolochek [Global electrical circuit of the geosphere shells]. *Global'naya elektricheskaya tsep'. Materialy Vserossiyskoy konferentsii* [Global electrical circuit. Materials of the All-Russian Conference]. Yaroslavl': Geofizicheskaya observatoriya «Borok» Publ., 2013, pp. 6–7. (in Russian)
 11. Trifonov K.I., Devisilov V.A. *Fiziko-khimicheskie protsessy v tekhnosfere* [Physicochemical processes in the technosphere]. Moscow, Forum, Infra-M Publ., 2010. 240 p. (in Russian)
 12. Novikova N.D. Mikrobiologicheskaya bezopasnost' kosmicheskikh poletov. 7 faktov ob adaptatsii mikroorganizmov k kosmicheskoy srede [Microbiological safety of space flights. 7 facts on the adaptation of microorganisms to the space environment]. *FAQ* [FAQ]. 2013. Available at: <https://postnauka.ru/faq/13770> (accessed 30 January 2017). (in Russian)
 13. *Otsenki i rekomendatsii po itogam slushaniya Ekspertnogo soveta «Perspektivy pilotiruemykh kosmonavtiki Rossii»* [Assessments and recommendations following the hearing of the Expert Council “Perspectives of manned space exploration in Russia”]. Moscow, Ekspertnyy sovet predsedatelya kollegii voenno-promyshlennoy komissii Publ., 2015. 19 p. Available at: <http://mosspaceclub.ru> (accessed 30 January 2017). (in Russian)
 14. Pilyugina A.V. Modeli finansirovaniya chastnykh kompaniy kosmicheskoy otrasli [Models of financing private companies in the space industry]. *Inzhenernyy vestnik* [Engineering Bulletin]. 2014, I. 11, pp. 1037–1044. Available at: <http://engbul.bmstu.ru/doc/751824.html> (accessed 30 January 2017). (in Russian)
 15. Efremov S.V. *Upravlenie tekhnosfernoy bezopasnost'yu* [Management of the technospheric security]. St. Petersburg, Sankt-Peterburgsk. politekh. un-t Publ., 2013. 46 p. (in Russian)
 16. Novikova N.D. Planetarnyy karantin. 7 faktov o vozmozhnosti zarazheniya drugikh planet zemnymi formami zhizni [Planetary quarantine. 7 facts about the possibility of infecting other planets with terrestrial life forms]. *FAQ* [FAQ]. 2013. Available at: <https://postnauka.ru/faq/10523#> (accessed 30 January 2017). (in Russian)
 17. Rozanov A. Yu. Tsianobakterii i, vozmozhno, nizshie griby v meteoritakh [Cyanobacteria and, probably, lower fungi in meteorites]. *Sorosovskiy obshcheobrazovatel'nyy zhurnal* [Soros general educational journal]. 1996, I. 11, pp. 61–65. (in Russian)
 18. Suzdaleva A.L., Beznosov V.N., Goryunova S.V. Biologicheskie invazii v prirodno-tekhnicheskikh sistemakh [Biological invasions in natural-technical systems]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov* [Bulletin of the Russian University of Friendship of Peoples]. 2015, I. 3, pp. 34–39. (in Russian)

Biotechnosphere and Near-Earth Space

A.L. Suzdaleva, Doctor of Biology, Professor, Moscow Power Engineering Institute (National Research University “MPEI”)

Intensive development of Near-Earth Space is accompanied by its microbiological contamination. Viable bacteria have been already detected on external structures of the International Space Station. A thin gaseous envelope and a layer of organic deposits are formed around a manned spacecraft. They can serve as a substrate for the evolution of some forms of microorganisms. As a result, the simplest natural-technical system is emerged in the near-Earth space. Biological objects can penetrate this system from the Earth's atmosphere, or as gas leakage from the manned spacecrafts. In the nearest future the number of orbital space stations will increase many times. Some of them will be created by private firms for the purpose of space tourism development. Between the orbital stations and the Earth will be a constant transport of large numbers of people and cargos. Together with them microscopic biological objects will move in both directions. As a result of this, the natural-technical systems of space vehicles will integrate in the global natural-technical system – biotechnosphere. New strains of microorganisms which are hazardous to human may occur in the near-Earth space. The exploitation of a large number of manned stations in the Space hypothetically creates conditions for the penetration of alien life forms to the Earth. For timely identification of such threats it has been proposed to create an interdisciplinary scientific research complex. Its purpose is monitoring the appearance of new organisms at all stages of their movement from the near-Earth space to the Earth. Special attention should be paid to the study of biological objects detected on the Earth in areas hardly suitable for terrestrial microorganisms, for example, in different technological environments or clusters of toxic waste.

Keywords: microbiological contamination of near-Earth space, space station, space tourism, panspermia, manmade biological invasion.