

ЗАПИСКА О СОСТОЯНИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ РАБОТ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОСЕ (ЗАМКНУТЫХ ЭКОСИСТЕМ)

Одной из узловых проблем развития космической техники следующего поколения является разработка систем длительного обеспечения жизнедеятельности человека, независящих от снабжения с Земли. Её решение для долгодействующих обитаемых космических объектов заключается в создании существенно замкнутых экологических систем круговорота веществ на основе фотосинтеза растений, использующих энергию солнечного света. Такие экосистемы, включающие человека, являются принципиально новым продуктом цивилизации, инструментом её распространения за пределы земной биосферы. Поскольку у этих систем нет аналогов в природе, ни в технике, возможность их осуществления потребовала теоретического анализа и экспериментального доказательства.

Узловыми здесь являются два вопроса:

1. Возможность создания и устойчивого автономного существования искусственной экосистемы из растений и человека, которая по своим размерам, массе и энергопотреблению может быть вписана в технические приемлемые пределы.

2. Возможность культивирования растений и осуществления их полного репродукционного цикла в условиях космического полёта.

Выполненные в нашей стране исследования дали положительный ответ на оба вопроса. Это открывает возможности технического осуществления космических объектов с биотехнологическими системами длительного обеспечения жизнедеятельности человека.

Решение поставленных задач было осуществлено в специально созданных наземных экспериментальных комплексах Института биофизики СО АН СССР (Биос-3) и Института медико-биологических проблем Минздрава СССР и в различных устройствах для культивирования растений на орбитальных научных станциях "Салют" и "Мир".

В наземных экспериментах длительностью до 6 месяцев, проведённых в Институте биофизики СО АН СССР, показано, что в замкнутой системе высшие растения в определённом наборе способны полностью обеспечить человека атмосферой и водой, а также основной частью растительной пищи: хлебом, картофелем, томатами, огурцами и прочими свежими овощами в соответствии с рекомендованным рационом питания. Животная часть пищи, составляющая 10% её веса в этой системе,

не воспроизводится, но может воспроизводиться, однако это потребует увеличения мощности системы. Таким образом, в принципе решена проблема создания основанной на фотосинтезе замкнутой экологической системы, в которой может длительно жить человек.

Интенсификация продукционного процесса позволила обеспечить удовлетворение потребностей одного человека в кислороде и воде (при 30–35% регенерации пищи) с 12–14 м² посевной площади высших растений, непрерывно облучаемой фотосинтетически активной радиацией с суммарной мощностью лучистого потока около 2 кВт. Это соответствует потоку фотосинтетически активной радиации, падающему на 3,5 м² поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам на орбите Земли. В экспериментах с полной регенерацией растительной пищи потребовалось увеличить посевную площадь под высшими растениями до 30 м² и соответственно энергетическое их обеспечение.

Разработаны технологии культивирования растений при 14-суточном периоде света и темноты, характерном для условий Луны, что открывает возможность создания биологической системы жизнеобеспечения для лунной базы с использованием солнечного света.

Исследованиями Института общей генетики АН СССР, Института ботаники АН Литовской ССР, Всесоюзного биотехнического Института Минмедбиопроба СССР и др. впервые осуществлено выращивание растений от семени до семени в условиях космического полёта, что в принципе решает вопрос о возможности использования высших растений в системе жизнеобеспечения человека в условиях динамической невесомости.

Главным итогом выполненных исследований является теоретическое и экспериментальное обоснование реальной возможности создания биолого-технических систем жизнеобеспечения для длительных космических полётов и внебиосферных поселений.

Следует отметить, что в 60–70 года в США NASA отдавала приоритет физико-химическим системам регенерации среды обитания человека. Ситуация изменилась с середины 80-х годов. В США интенсифицированы исследования, направленные на создание систем с биологической регенерацией среды на основе фотосинтеза водорослей и высших растений. NASA приняла программу CELSS (Controlled Ecological Life Support System) и финансирует её осуществление. В работе участвуют как исследовательские центры NASA в Вашингтоне, Эймсе и во Флориде, так и ряд работающих по контрактам с ними научных учреждений и университетов в США, Канаде, Японии, Франции и др.

В настоящее время работы с замкнутыми системами на Западе находятся на этапе построения всевозможных умозрительных схем круговорота веществ и экспериментальных исследований различных видов высших растений и водорослей как потенциальных компонентов будущих замкнутых систем, включающих человека. Полученные в нашей стране результаты исследований вызывают у зарубежных ученых большой интерес, поскольку состояние их работ пока что соответствует уровню, пройденному в СССР в конце шестидесятых-начале семидесятых годов. Однако, в соответствии с планами NASA (программа CELSS), до середины 90-х годов предполагается завершить отработку отдельных звеньев, осуществить экспериментальную интеграцию системы, а к концу 90-х годов создать бортовые модули и провести лётные испытания биологических систем. Энергичное развитие в NASA этих работ, использование советского опыта (в NASA сделаны служебные полные переводы монографий Института биофизики СО АН СССР по реализованным экспериментальным замкнутым системам) и сквозная программа действий дают основания считать, что эти планы могут быть выполнены. В результате наша страна скоро может оказаться в роли догоняющей в этой области, поскольку в настоящее время у нас нет действующей Государственной программы создания бортовых модулей биологических систем жизнеобеспечения человека и их лётных испытаний.

Параллельно с разработкой экологических систем с целевым космическим назначением (CELSS) международной группой исследователей совместно разработан и готовится к осуществлению при поддержке NASA эксперимент общеэкологического назначения по созданию искусственной замкнутой системы, включающей человека и в миниатюре образцы типичных биотопов Земли - от лесов до пустынь (проект "Биосфера -2").

Целью эксперимента является демонстрация реальной возможности обеспечить жизнь в искусственной биосфере в гармоническом взаимодействии со средой. Предполагается, что в будущем подобные системы могут быть использованы для полетов людей к планетам солнечной системы и их колонизации, а также в экстремальных условиях на Земле.

Американский проект является этапом исследований, подготовленным экспериментами в Институте медико-биологических проблем и в Институте биофизики СО АН СССР по созданию биологических систем жизнеобеспечения. Эту последовательность признают и авторы проекта "Биосфера-2".

К сожалению, достигнутое советскими исследователями принципиальное решение биологических проблем создания замкнутых систем жизнеобеспечения человека пока не повлекло за собой последующих научно-

-технических и конструкторских разработок в этом направлении. Отсутствие конструкторских разработок замкнутых экосистем, выполняемых на уровне предприятий, разрабатывающих космическую технику, неизбежно приведет в ближайшее десятилетие к утрате приоритета советской науки и техники в создании и экспериментальном исследовании биологических систем, ориентированных на длительное жизнеобеспечение человека вне Земной биосферы.

В Ы В О Д И

1. Сопоставление отечественного и зарубежного уровня исследований по проблеме создания замкнутых экосистем позволяет утверждать, что в разработке основанных на биологическом круговороте веществ замкнутых систем для длительного жизнеобеспечения человека вне земной биосферы отечественная наука в настоящее время имеет несомненный приоритет.

2. В США и ряде других стран по программе CELSS (NASA) в течение последних 3-4 лет начаты и интенсивно ведутся разработки таких замкнутых систем, сформированы сквозные программы работ на перспективу вплоть до создания орбитального модуля с биологической системой и летных испытаний в конце 90-х годов. В то же время выполняемые советскими биологами исследования, не имея выхода на уровень технически разработанных систем, утрачивают перспективу, в результате чего уже в ближайшие 8-10 лет наша страна может оказаться в роли "догоняющей" в области, где она обладает приоритетом и сохраняет на сегодня идейное и экспериментальное лидерство.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Осуществить Государственную программу научных исследований, конструкторских разработок и технической реализации наземных и полетных экспериментальных комплексов биологических систем длительного жизнеобеспечения человека вне биосферы как принципиального решения общечеловеческой задачи обживания открытого космоса и небесных тел.
2. Включить результаты работ по созданию биологических систем жизнеобеспечения в пакет советских предложений к совместному советско-американскому (или международному) проекту полета на Марс, а также рассмотреть поступившее от канадских ученых предложение о

совместном создании биологического модуля, стыкуемого со станцией "Мир".

3. С целью утверждения отечественного приоритета в создании замкнутых экосистем и выработки международной программы дальнейших исследований в этой области провести не позднее 1990 года в Советском Союзе международную конференцию по искусственным замкнутым экосистемам и их применению для жизнеобеспечения человека вне Земной биосферы. Весьма желательно при этом обеспечить возможность для ознакомления на месте иностранных ученых с экспериментальными работами Института биофизики СО АН СССР и установкой "БИОС-3" в г. Красноярске.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

1. Публикации Института биофизики СО АН СССР по проблеме создания замкнутых экосистем (2 монографии, 7 отписков статей).
2. Письма зарубежных исследователей с предложениями о совместной работе.

Директор Института биофизики СО АН СССР
член-корреспондент АН СССР

 И.И. Гительзон

15 сентября 1988г.

