

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 7 ГОРОДА ТИХОРЕЦКА  
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТИХОРЕЦКИЙ РАЙОН

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА



Работу выполнила – Маркашова  
Вероника Александровна,  
ученица 8 «Б» класса  
МБОУ СОШ №7 г.Тихорецка  
29.07.1998 г.р.

Руководитель – Малярова Наталья Анатольевна,  
учитель физики МБОУ СОШ №7 г.Тихорецк,  
ул.Серова, 1; факс школы 88619656976

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	1
1. Экологические проблемы освоения космоса.....	2
1.1. Проблема космического мусора.....	2
1.2. Возможные мероприятия по снижению уровня засорения космического пространства.....	4
1.3. Пылевые частицы и радиоактивное загрязнение.....	9
2. Выводы.....	10
3. Практические предложения.....	11
4. Заключение.....	12

## 1. АННОТАЦИЯ

Освоение космоса - неизбежный процесс в развитии цивилизации. В качестве результата выступает работа всемирных телевизионных и телефонных сетей, более точный прогноз погоды, система сигнализации о терпящих бедствие морских и воздушных судах, более глубокие знания о планетах и других небесных телах, постоянное наблюдение за всякой подозрительной деятельностью на территории других государств. Но наряду с этим, сразу же, началось засорение космического пространства.

Ученые предсказывали, что выход в космическое пространство станет опасным, а далее, вообще невозможным из-за накопившегося космического мусора. Он в большом количестве находится в космическом пространстве в обширной области высот от 400 км до 2000 км. В последнее время наблюдается постоянный рост его объемов. Осуществляется наблюдение за крупными частями и информирование о них космических аппаратов, однако более мелкий мусор, способный также наносить вред, остается вне зоны контроля.

От падающих остатков космических объектов нас защищает плотный слой атмосферы, в котором они сгорают. Но они становятся опасными для сверхзвуковой транспортной авиации, летающей на больших высотах. Возможны и случаи, когда при падении объектов часть их обломков, не успев сгореть в атмосфере, достигает поверхности Земли. Это все приводит к необходимости постоянно вести работы по утилизации мусора, оптимизации программ по снижению уровня загрязнения космического пространства.

Электромагнитное загрязнение не значительно и не представляет пока значительной угрозы для состояния биосферы и околоземной среды. Радиационное загрязнение космоса и разрушение озонового слоя вызывают тревогу. Первое связано с использованием ядерных энергетических источников. Основной способ обеспечения радиационной безопасности – консервация ядерных энергетических установок на достаточно высоких орбитах, где время жизни объектов много больше времени распада осколков деления остановленного ядерного реактора до безопасного уровня.

Проблема экологии космоса актуальна, затрагивает интересы многих стран и требует совместной разработки правовых норм и положений по совершенствованию ракетно-космической техники, с целью предотвращения дальнейшего засорения космоса. Необходимо предусматривать возврат и уничтожение в плотных слоях атмосферы или увод в отчужденные околоземные области отработавших космических объектов.

Необходим обмен информацией между странами по вопросам, связанным с засорением околоземного космоса: проектным, конструкторским, технологическим решениям и эксплуатационным мерам, фактическому и прогнозируемому состоянию засоренности околоземных орбит на основании получаемых странами данных слежения и результатов моделирования, результатам исследований о воздействии орбитальных осколков на космических аппаратах и по средствам их защиты от воздействия осколков.

От успешного решения этой проблемы зависит возможность дальнейшего развития космической деятельности человечества.

## 2. ВВЕДЕНИЕ

*«Полёты в космос остановить нельзя. Это не занятие одного какого-то человека или даже группы людей. Это исторический процесс, к которому закономерно подошло человечество в своём развитии».*

*Ю.А.Гагарин*

Полет Ю.А. Гагарина, совершенный 12 апреля 1961 г., такие эпохальные события в истории космонавтики, как высадка 21 июля 1969 г. астронавтов Армстронга и Олдрина на поверхность Луны и многомесячные (до года) полеты экипажей на орбитальных станциях «Салют» и «Мир» стали одними из первых шагов в освоении космического пространства. Сейчас трудно представить свою жизнь без прогнозов Гидрометцентра, без сотовой связи, телерадиовещания и др. Использование таких благ стало для человека привычным и мало кто при этом задумывается о том, как это все становится возможным. И уж более того никто уже не мыслит жизни без таких привычных вещей.

Несомненно, что запуск первого искусственного спутника Земли, осуществленные нашей страной, положили практическое начало новому этапу развития земной цивилизации. Ракетно-космическая техника становится неотъемлемой частью хозяйственной деятельности человека. Но вместе с тем сразу же началось засорение космического пространства. За годы космической эры на околоземных орбитах было зарегистрировано свыше 20 тысяч космических объектов искусственного происхождения размером более 10 см.

Ученые уже давно предсказывали, что выход в космическое пространство станет опасным, а далее вообще невозможным из-за накопившегося космического мусора.

Проблема засорения околоземного космоса фрагментами ракетно-космической техники затрагивает интересы многих стран и приобретает особую актуальность. Оценка существующей ситуации и прогноз ее развития показывают необходимость тесного международного сотрудничества с целью принятия своевременных и действенных мер по снижению темпа роста «космического мусора» и обеспечению безопасности орбитальных полетов. В настоящее время возможность отслеживать все околоземное космическое пространство на предмет техногенного засорения имеют только две страны - Россия и США. Возможность вовремя зафиксировать факт нахождения в космосе опасных обломков является крайне важной для обеспечения хорошей работы космической отрасли. Защита планеты от космических угроз природного и техногенного характера является одним из важнейших вопросов для всего человечества. Например, создавшаяся ЧС в Челябинске в результате падения метеорита.

С другой стороны не стоит забывать, что к естественным природным катаклизмам на планете, присоединяют свое отрицательное воздействие на окружающую среду катаклизмы сотворенные человечеством. Здоровый ор-

ганизм, как и планета Земля, без особого труда справляется с воздействием неблагоприятных факторов. Но, длительное воздействие этих факторов и концентрация вредных веществ, приводят к истощению естественных сил природы, дисгармонии и ее болезни. Это приводит к необходимости экологизации процесса освоения космоса, разработке программ контроля засорения и очистки космического пространства.

### **3. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1. ПРОБЛЕМА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА**

При эксплуатации ракетно-космической техники оказывается воздействие на атмосферу, включая стратосферный озон, а также на подстилающую поверхность и экосистемы - районы падения отделяющихся частей ракет-носителей. Основными факторами негативного воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую природную среду в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей являются:

- загрязнение отдельных участков почвы, поверхностных и грунтовых вод компонентами ракетных топлив;
- засорение территорий районов падения элементами отделяющихся конструкций ракет-носителей;
- возможность взрывов и возникновения локальных очагов пожаров при падении ступеней средств выведения и запусках ракет-носителей;
- механические повреждения почвы и растительности, в том числе при последующей эвакуации отделяющихся частей ракет-носителей.

Помимо этого происходит засорение космического пространства мусором искусственного происхождения.

Под космическим мусором подразумеваются все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям, но являющиеся опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты, особенно пилотируемые. В некоторых случаях, крупные или содержащие на борту опасные (ядерные, токсичные и т. п.) материалы объекты космического мусора могут представлять прямую опасность и для Земли — при их неконтролируемом сходе с орбиты, неполном сгорании при прохождении плотных слоев атмосферы Земли и выпадении обломков на населённые пункты, промышленные объекты, транспортные коммуникации и т. п.

Часть этого мусора со временем, в зависимости от высоты его орбиты и массы, входит в плотные слои атмосферы и в подавляющем большинстве сгорает, и только небольшая часть достигает поверхности Земли. На данный момент в космосе находится около 7200 наблюдаемых искусственных объектов, причем лишь 5% из них представляют собой действующие аппаратами, а остальные по существу, являются «космическим мусором».

Наблюдения показывают, что число фрагментов размером в несколько сантиметров, образующихся при разрушении объектов, составляет уже не-

сколько десятков тысяч, а осколки в пределах 1 см и менее исчисляются сотнями тысяч и миллионами.

Вместе с общим ростом числа орбитальных обломков характерным является и расширение сферы их распространения в околоземном пространстве. После случившихся самопроизвольных взрывов объектов осколки собираются в кольцо в достаточно узких полосах орбит, незначительно отличающихся углом наклона. Однако со временем плоскости орбит начинают расходиться. И в итоге обломки распределяются по всей сфере околоземного пространства: траектории их полетов охватывают Землю тонкой оболочкой, оставляя свободными лишь оба полюса. (Приложение 1)

Увеличивающееся засорение космоса начинает вызывать беспокойство. От падающих остатков космических объектов нас защищает плотный слой атмосферы, в котором они сгорают. Но они становятся опасными для сверхзвуковой транспортной авиации, летающей на больших высотах. Возможны и случаи, когда при падении объектов часть их обломков, не успев сгореть в атмосфере, достигает поверхности Земли.

Возрастает и вероятность столкновения в космосе с обломками «мусора», что в будущем может оказать существенное влияние на безопасность полетов орбитальных станций и пилотируемых транспортных кораблей, а также на продолжительность их функционирования. Основная опасность «космического мусора» связана с огромными, поистине космическими скоростями столкновения орбитальных фрагментов с космическими аппаратами. Например, встреча с обычным крепежным болтом, потерянным на орбите, при относительной скорости встречи 10 км/с равнозначна для аппарата столкновению с пушечным ядром, запущенным со скоростью 300 м/с. Летящая в космосе частица диаметром всего 0,5 мм может пробить космический скафандр, даже если он изготовлен из многослойного материала. (Приложение 2)

Наиболее высокая концентрация фрагментов наблюдается в диапазоне высот от 300 до 1600 км, где вероятность столкновения с мелким осколком стала приближаться к вероятности столкновения с метеоритом тех же размеров. По всей видимости, в перспективе требуются дополнительные конструкции для защиты орбитальных станций и аппаратов от «космического мусора», а также специальные мероприятия по снижению загрязнения этих орбит.

Не менее серьезную опасность представляют возможные отказы и аварии космических аппаратов с радиоизотопными и ядерными энергоустановками на борту, которые могут приводить и уже приводили к радиоактивному загрязнению Земли, атмосферы и близлежащего пространства. Так, в 1964 г. американский навигационный спутник «Транзит» с радиоизотопным источником энергии не смог выйти на орбиту. Устройство с плутонием-238 распалось в атмосфере и рассеялось по всему земному шару, втрое увеличив содержание этого изотопа в окружающей среде. В 1978 г. советский спутник «Космос-954» вошел в атмосферу и развалился на части, разбросав радиоактивные осколки в северо-западных районах Канады. Проблема экологически

чистой утилизации отходов остается даже при нормальном функционировании.

При существующем темпе запусков космических аппаратов количество фрагментов на орбитах, наблюдаемых наземными средствами слежения, в среднем увеличивается на 5% в год. Темп роста числа мелких, не отслеживаемых осколков предполагается еще более высоким. Если не будут предприниматься усилия по замедлению роста количества орбитальных фрагментов, то со временем может возникнуть сложная обстановка на орбите, способная при достижении критической плотности засорения вызвать каскадное увеличение количества осколков за счет взаимопорождающих друг друга столкновений. (Приложение 3)

### **3.2. ВОЗМОЖНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ЗАСОРЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

Первым компонентом комплекса мероприятий должны быть работы по уточнению современного состояния и прогнозу дальнейшего засорения космоса с оценкой опасности столкновения пилотируемых и автоматических аппаратов с «космическим мусором». Необходимо совершенствовать средства обнаружения, слежения и контроля за космическими объектами, а также методы измерений, обработки результатов и управления данными с использованием новейшей техники. Однако не стоит забывать, что постоянное измерение орбит осколков, вызванное их непрерывным изменением, с выдачей «предупреждений» представляется малореальным даже при известном в настоящее время количестве крупных фрагментов. Что касается мелких, не поддающихся прямому обнаружению осколков, то прогнозирование их траекторий на практике вообще нереально. (Приложение 4)

Ограниченные возможности слежения за малоразмерными фрагментами приводят к необходимости моделирования столкновений и разрушений космических объектов на орбите, являющихся основными источниками образования мелких осколков. Техногенные осколки, с которыми возможно столкновение на орбите, отличаются друг от друга по плотности материалов, размерам, форме и ориентации относительно конструкции соударяемого объекта. В основу моделирования могут быть положены аналитические методы и эксперименты на современных наземных установках, способных обеспечить разгон мелких фрагментов до скоростей, близких к реальным скоростям столкновений. Результаты исследований должны использоваться при разработке теории и инженерных методов расчета разрушений различных типов конструкций («сухих» отсеков, топливных баков, баллонов под давлением и пр.) при соударении с фрагментами «космического мусора» в условиях орбитального полета.

Эффективное измерение характеристик микрочастиц в космосе «можно проводить с помощью специальных малых спутников, выводимых в качестве дополнительной полезной нагрузки вместе с серийными космическими аппаратами. Это существенно расширит область проводимых исследований по

метеорно-техногенному засорению околоземного космоса и снизит затраты. Комплексное моделирование и контроль засорения космического пространства крупными и мелкими фрагментами позволяют прогнозировать уровень опасности столкновения аппарата с «космическим мусором» для принятия соответствующих мер.

Неотъемлемой частью мероприятий является разработка бортовой защиты космических аппаратов от повреждений при столкновении с орбитальным осколком. Наиболее приемлемые методы – экранирование конструкции и резервирование подсистем аппарата – применялись и ранее для защиты от метеорных частиц. Но техногенные частицы по своим размерам превышают метеорные и требуют более надежной и эффективной защиты.

В большинстве случаев общая экранная защита применяется от мелких осколков, которые могут повредить, но не разрушить аппарат. Более надежные средства рассматриваются для защиты чувствительной аппаратуры. Например, использование системы решеток или жалюзи, которые в случае угрозы столкновения закрывают уязвимое оборудование. Существует концепция КА с корпусом-ракушкой. Этот космический аппарат имеет защитный корпус с отверстиями, через которые выдвигаются датчики и антенны. В случае угрозы столкновения датчики и антенны убираются в защитный корпус. Разработана многослойная защита, внешний слой которой принимает удар на себя, разрушая и рассеивая примерно 80% осколков по более обширной поверхности внутреннего слоя. Оставшиеся 20% осколков отражаются от экрана и из-за своего малого размера уже не представляют опасности.

Следующим компонентом комплекса мероприятий должно быть предотвращение засорения космоса фрагментами ракетно-космической техники.

Перспективным представляется создание универсальных космических платформ, каждая из которых сможет заменить несколько специализированных спутников. Другим важным направлением, способствующим сокращению числа запусков аппаратов, является увеличение ресурса или срока их активного существования. Разработка на базе платформ тяжелых спутников с большей массой позволит сократить в десятки раз количество космических объектов, обеспечивающих все виды работ для страны.

К снижению уровня засорения околоземных орбит могут привести также конструкторские разработки по исключению применения на ракетных блоках и аппаратах средств разделения с образованием свободных осколков и исключению отделения в орбитальном полете штатных элементов конструкции. В части предотвращения появления в процессе функционирования орбитальных объектов техногенных частиц необходимо применение конструкций и покрытий, стойких к воздействию окружающего космического пространства, в том числе не подверженных вторичной эрозионной эмиссии. Существенным является использование топлива для орбитальных двигателей без металлических и других присадок, сгорание которых приводит к образованию твердых окисных частиц. Так, примерно треть продуктов сгорания твердотопливных двигателей приходится на частицы окиси алюминия размером 0,0001 – 0,01 мм.



Является необходимым проведение работ по исключению преднамеренных и самопроизвольных взрывов орбитальных объектов и возможному осуществлению их управляемого увода с орбиты.

Дренирование остатков компонентов и газов наддува топливных баков после отделения обеспечивает увод блока с рабочей орбиты космического аппарата и исключает возможность его разрушения в процессе пассивного полета. Организация стравливания топлива и газов при котором ступень получала тормозной импульс, сокращающий время ее пребывания на орбите так же является способом снижения количества столкновений и взрывов. Управляемый увод с орбиты ступени после отделения аппарата или же разработка программ выведения, при которых последняя ступень носителя не выходит на орбиту – еще один шаг в заданном направлении.

Третьим компонентом мероприятий является исследование возможных способов и средств по очистке околоземного пространства от «космического мусора». Избавиться от загрязнения окружающей среды значительно труднее, чем предотвратить его. Основной тенденцией в освоении околоземного космического пространства, отчетливо проявившейся в 70-е годы, стало решение широкого круга прикладных задач с помощью самой разнообразной космической техники.

В качестве средств поиска и захвата обломков в будущем предполагается использовать корабли и межорбитальные буксиры, оснащенные роботами-манипуляторами. Эти корабли должны возвращать осколки на Землю в грузовом отсеке и спускать их в заданный район.

В перспективе в космосе предполагается развернуть космопорты как перевалочные базы для различных грузов, доставляемых с Земли и возвращаемых из космоса. В доках космопортов могут храниться крупные обломки.

В планах с целью уменьшения транспортных нагрузок на ближний космос и упорядочения работ по его очистке может быть предусмотрено развертывание орбитальных космопортов как своеобразных перевалочных баз для полезных грузов, выводимых с Земли и возвращаемых из космоса. Связь такого космопорта с Землей будет обеспечиваться регулярными рейсами многогоразовой транспортной космической системы, а межорбитальные перевозки – специальными буксирами, базирующимися в доке космопорта.

Более сложной задачей представляется организация сбора и удаления из космоса мелких частиц «космического мусора». На сегодняшний день известен ряд проектов решения этой задачи. Один из них предусматривает образование на пути мелких осколков большого пенного шара для поглощения кинетической энергии частиц, после чего они теряют высоту и входят в плотные слои атмосферы. Но такого рода помехи могут оказать вредное воздействие и на функционирующие КА. В соответствии с другим проектом предлагается ускорять сход с орбиты мелких фрагментов посредством облучения их лучом лазера или лучком нейтральных частиц.

Удаление фрагментов «космического мусора» с орбит указанными средствами в ближайшем будущем представляется проблематичным и нецелесообразным в связи с большими потребными энергетическими и экономи-

ческими затратами и нуждается в дальнейших более глубоких проработках. Пока же «очищение» космоса происходит только частично естественным путем за счет торможения обломков в верхних слоях атмосферы и в значительной мере зависит от цикла солнечной активности, под влиянием которой атмосфера Земли подвержена большой флуктуации по высоте и тем самым расширению сферы своего воздействия на орбитальные фрагменты.

Используя тормозящее свойство атмосферы, можно сократить сроки пассивного существования КА и ракетных ступеней на орбите, если увеличить их аэродинамическое сопротивление за счет специального устройства, например, надувного баллона.

Ученые из университета Суррей, Великобритания, разработали устройство «CubeSail», для решения проблемы удаления мусора с околоземной орбиты. Космический аппарат для сбора мусора представляет собой небольшой куб с размерами 10 \* 10 \* 30 сантиметров весом всего 3 килограмма, который на орбите будет разворачиваться в пластиковый парус площадью около 25 квадратных метров.

По мнению авторов изобретения принцип работы очень прост: лист, вместе с пойманными объектами космического мусора, вскоре «затормозится» о слабо разреженную на низких орбитах атмосферу Земли, замедлит скорость полета, заставив войти его в плотную атмосферу Земли и сгореть. Для более высоких орбит можно использовать давление солнечного ветра, развернув парус так, что бы солнечный ветер толкал парус с мусором к Земле. Подобный способ утилизации мусора намного быстрее, чем бы то же самое произошло с мусором естественным путем.

В связи с созданием модульных долговременных орбитальных станций нового поколения и необходимостью сооружения других крупногабаритных космических конструкций - многоцелевых космических платформ, орбитальных радиоастрономических комплексов и т. д. Все большую актуальность приобретает проведение в космосе строительно-монтажных работ.

Перспективным представляется использование материалов внеземного происхождения. На определенном этапе это может оказаться экономически более выгодным по сравнению с доставкой материалов с Земли. В качестве сырья для производства космических строительных материалов рассматриваются минеральные ресурсы Луны и некоторых астероидов. В этой связи уже ведется разработка различных проектов лунных поселений, на базе которых в перспективе могут быть созданы горнодобывающие комплексы и перерабатывающие предприятия.

Для энергообеспечения лунных поселений предполагается использовать ядерный реактор, планируется создание замкнутых систем жизнеобеспечения, прозрачных куполов для выращивания сельскохозяйственных культур и т. д. Промышленное освоение Луны сопряжено с необходимостью решения многих сложнейших технических задач и будет осуществляться поэтапно в течение десятков лет.

Однако в будущем — при строительстве и эксплуатации околоземных производственных комплексов, при промышленном освоении Луны — си-

туация может сильно измениться. Потребуется организация широкомасштабных грузовых перевозок на трассе «Земля-космос», на орбитах появятся крупногабаритные объекты, заметно возрастет число искусственных объектов в околоземном космическом пространстве. Поэтому и основы рационального решения будущих космических транспортных проблем, включая их экологический аспект, должны закладываться уже сейчас.

Современные мощные ракеты-носители при выведении на орбиту полезной нагрузки массой в несколько десятков тонн расходуют топлива в 20-30 раз больше массы полезного груза. Например, стартовая масса американской ракеты «Сатурн-5» составляла 2900 т, тогда как ее полезный груз - около 100 т. В результате при каждом пуске мощной ракеты выбрасывались в атмосферу сотни тонн продуктов горения.

За счет сжигания топлива разных видов на Земле в атмосферу сейчас ежегодно поступает более 20 млрд. т углекислого газа и свыше 700 млн. т других газообразных соединений и твердых частиц, в том числе около 150 млн. т сернистого газа. Последний, соединяясь с атмосферной влагой, образует серную кислоту, что может приводить к выпадению так называемых кислотных дождей, отрицательно влияющих на растительный и животный мир.

Специально изучался и вопрос о возможном загрязнении атмосферы продуктами сгорания спутников, прекращающих свое существование в плотных слоях атмосферы. Правда, расчеты показывают, что даже при планируемом в ближайшие десятилетия расширении космической деятельности сгорание спутников и других космических аппаратов в плотных слоях атмосферы не должно привести к ее сильному загрязнению. Например, ожидаемое увеличение содержания окиси азота в верхней атмосфере составляет не более 0,05%. Не предвидится также существенного накопления в атмосфере различных токсичных соединений за счет такого сгорания.

### **3.3. ПЫЛЕВЫЕ ЧАСТИЦЫ И РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ**

Процессы размножения частиц космического мусора известны плохо. Они должны разрушаться и под действием ультрафиолетового излучения и под действием такого мощного окислителя, как атомарный кислород, являющийся основной компонентой верхней атмосферы. Этот процесс может приводить к изменению химического состава верхней атмосферы, появлению совершенно чуждых ей элементов, возможные последствия чего пока трудно предсказать. Можно быть лишь уверенным в том, что по мере изучения число и спектр вскрываемых опасностей будет расти.

Выброс пылевых частиц ракетными двигателями в стратосфере оказывает влияние на озоновый слой благодаря усилению гетерогенного цикла разрушения озона. Однако в настоящее время гетерогенная химия озона развита явно недостаточно и большинство исследователей считают, что в разрушении озона в результате ракетных пусков основной причиной являются выбросы хлорных и азотных соединений.

Озон разрушается в результате воздействия водяных паров, содержащихся в значительных количествах в продуктах сгорания всех жидкостных ракетных двигателей, а также окислов азота, образующихся из азота и кислорода воздуха под воздействием высоких температур в факелах ракетных двигателей. Размеры таких «окон» возрастают, если в составе РН используются ракетные двигатели на твердом топливе.

Радиоактивное загрязнение космического пространства связано с широким использованием в космонавтике ядерных энергетических источников. Наиболее широко ядерные реакторы использовались на отечественных спутниках серии "Космос". Эти реакторы работали на сплавах или соединениях урана: U-238 с 90%-ным и более обогащением по U-235. Основным способом обеспечения радиационной безопасности являлась консервация ядерных энергетических установок на достаточно высоких орбитах, где время жизни таких объектов много больше времени распада осколков деления остановленного ядерного реактора до безопасного уровня. К таким орбитам можно отнести все круговые орбиты, расположенные выше 700 км.

Система радиационной безопасности предусматривает остановку реактора и перевод его на достаточно высокую орбиту, где время жизни подобно-го объекта заведомо превышает время распада осколков деления продуктов остановленного ядерного реактора. В случае отказа системы увода ядерных энергетических установок или космического аппарата вместе с установкой на орбиту консервации, предусмотрено тонкое измельчение ядерного реактора. Соответствующая система включается до начала разогрева и аэродинамического разрушения конструкции ядерной установки и космического аппарата, связанного с входом в плотные слои атмосферы. Надежность системы радиационной безопасности оценивается на уровне  $10^{-4}$ , что заведомо хуже принятых требований по безопасности в отраслях промышленности  $10^{-5}$  или  $10^{-6}$ .

Работающий ядерный реактор заметно изменяет естественную фоновую картину потоков нейтронов и гамма-квантов. Эти изменения тем заметнее, чем выше орбита. Нейтронные потоки становятся сравнимы с естественным фоном на расстояниях 100 км для низких орбит и 300 км для геостационарных орбит. Тем не менее, даже очень мощные ядерные реакторы (до 1 МВт) не могут существенно ухудшить естественное состояние радиационных поясов Земли.

Существенное нарушение радиационной обстановки наблюдалось только после ядерных взрывов, которые проводились в шестидесятые годы. В результате наиболее мощного из них, осуществляемого в рамках американского эксперимента «Морская звезда», возникли так называемые искусственные радиационные пояса, которые по некоторым данным сохранялись в течение нескольких лет. Последствия ядерных взрывов для верхней атмосферы и ионосферы были весьма сокрушительны, однако об их истинных масштабах не дано судить, так как в то время еще только начинали развиваться методы зондирования этой среды. В дальнейшем любые ядерные испытания в космосе были запрещены.

Возникающее радиоактивное загрязнение может представлять опасность для работ навигационных систем, метеоспутников и систем наблюдения за природными ресурсами, которые используют близкие орбиты. Таким образом, именно рост массы космического мусора, являясь причиной разрушения ядерных энергетических установок, определяет радиоактивное загрязнение. Главная экологически опасность связана с возможностью падения фрагментов разрушенных ядерных установок и осадения радиоактивных веществ в приземную атмосферу и на поверхность Земли.

#### **4. ВЫВОДЫ**

Освоение космического пространства - это неизбежный процесс развития цивилизации. Развитие в данном направлении позволило создать и использовать всемирные телевизионные и телефонные сети, составлять более точный прогноз погоды, создать систему сигнализации о терпящих бедствие морских и воздушных судах, получать более глубокие знания о Луне и других планетах Солнечной системы, осуществлять ежеминутное наблюдение за всякой подозрительной деятельностью на территории других государств. Однако при всех положительных аспектах существует ряд негативных:

1. Космический мусор накапливается в космическом пространстве в обширной области высот от 400 км до 2000 км в большом количестве.

2. На протяжении последних тридцати лет наблюдается постоянный рост космического мусора, и в настоящее время мы имеем более 8000 постоянно наблюдаемых каталогизированных объектов, поперечный размер которых превышает 10 см, около 300 000 осколков размером более 1 см, возможность наблюдения которых появилась недавно, и порядка сотни миллионов более мелких частиц.

3. При сохранении современных темпов космической деятельности и технологий по самым скромным прогнозам ожидается удвоение космического мусора к концу следующего столетия, что вплотную приблизит содержание мусора к уровню лавинообразного его размножения из-за взаимных столкновений частиц,

4. Необходимо постоянно вести работы по утилизации космического мусора.

5. Существует необходимость оптимизации программ по снижению уровня загрязнения космического пространства.

6. Необходима система радиационной безопасности.

#### **5. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Решение данных проблем должно осуществляться на основе Международного сотрудничества. Работа должна базироваться на следующих основополагающих принципах:

1. Разработка правовых норм и положений должна быть направлена не столько на ограничительные меры по использованию ракетно-космической

техники, сколько на ее совершенствование с целью предотвращения дальнейшего засорения космоса. «Чистота» околоземного космоса должна достигаться главным образом изначальным его незасорением. Существующее засорение околоземного пространства объектами искусственного происхождения следует рассматривать как вынужденное обстоятельство, обусловленное первоначальным уровнем технологии ведения космических работ.

2. В дальнейшем каждый объект, выводимый на относительно долговременную орбиту, целесообразно оснащать средствами, обеспечивающими по окончании его функционирования возврат и уничтожение в плотных слоях атмосферы или увод в отчужденные околоземные области, установленные международным соглашением. Естественно, должна быть полностью исключена возможность преднамеренных или самопроизвольных разрушений объектов на орбите, приводящих к засорению околоземного пространства мелкими фрагментами.

3. Страны, эксплуатирующие ракетно-космические средства, могли бы систематически обмениваться информацией по всем вопросам, связанным с засорением околоземного «космоса», в том числе по проектным, конструкторским, технологическим решениям и эксплуатационным мерам, принимаемым в целях уменьшения засорения космоса; по фактическому и прогнозируемому состоянию засоренности околоземных орбит на основании получаемых странами данных слежения и результатов моделирования; по результатам исследований о воздействии орбитальных осколков на космических аппаратах и по средствам их защиты от воздействия осколков.

4. В области международного сотрудничества целесообразно, чтобы Россия и США имели совместную концепцию по уменьшению засорения околоземного космоса, которая охватывала бы, прежде всего, двухстороннее сотрудничество и являлась бы базой для рассмотрения вопроса всеми странами, имеющими к этому отношение. По всей видимости, международным концепциям и соглашениям должна предшествовать разработка национальных программ.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие человека на околоземное космическое пространство изучены к настоящему времени далеко не полностью, а их степень опасности с точки зрения воздействия на биосферу и возможного изменения характеристик околоземной космической среды существенно различны.

На сегодняшний день наиболее изученной является проблема космического мусора. От успешного решения этой проблемы зависит возможность дальнейшего развития космической деятельности человечества. Необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования для понимания механизмов образования озонных дыр.

Электромагнитное загрязнение околоземного космического пространства не значительно и не представляет пока значительной угрозы, как для состояния биосферы, так и для состояния самой околоземной среды.

Следует обращать пристальное внимание недопущению радиационного загрязнения космического пространства.

В целом экологический аспект является доминирующим для оценки предельного пылевого загрязнения. Наиболее четким индикатором этого загрязнения могут служить серебристые облака, поскольку главным источником аэрозолей, являющихся центрами кристаллизации для частиц серебристых облаков, служит практически весь осаждающийся космический мусор, то его сокращение и будет определять степень пылевого загрязнения. Таким образом, следует признать, что современный уровень космического мусора заведомо превосходит допустимые безопасные пределы, требуется срочная его стабилизация в ближайшее время и понижение - в дальнейшем. Между тем, требования по снижению его уровня означают необходимость существенной перестройки всей космической деятельности: исключение взрывов, сокращение числа пусков, увеличение срока службы космических аппаратов, создание безотходных технологий их выведения на орбиты.

## 7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов М.Н., Кричевский С.В. Экологическая опасность космической деятельности: Аналитический обзор. – М.: «Наука», 1999 г.
2. Джеймс Дж. Т., Коулман М.Е. Токсическое воздействие газообразных примесей и аэрозолей. Обитаемость космических летательных аппаратов. (Космическая биология и медицина; Т. II). – М.: Наука, 1994 г.
3. Журавлев Ю.М., Замятин А.В., Козак И.Л. и др. «Космическая экология: влияние запусков твердотопливных ракет на загрязнение окружающей среды» 2002 г.
4. Цветкова Л.И., Алексеев М.И, Б.П. Усанов и др.; Под ред. СИ. Цветковой Экология: Учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 1999 г.
5. Космос и экология. Сб. статей. – М.: Знание, 1991.

Интернетресурсы:

<http://www.sitc.ru/>