**Экологическая опасность космической деятельности**

В.Ф.Попов, О.Н.Толстихин

В российских и якутских средствах массовой информации немало писалось об экологических последствиях падения отделяющихся частей ракет-носителей на Алтае, в Якутии и Архангельской области. Внимание общественности в США было привлечено в 1997 г. к проблеме выведения в космическое пространство плутониевых источников энергии. В научных журналах и на конференциях живо обсуждается проблема уничтожения озонового слоя в результате запусков космических аппаратов. Однако до сих пор не было сводки всех известных данных по влиянию космической деятельности на ближний космос, атмосферу и поверхность Земли. Как и в атомной индустрии, импульс к развитию космической индустрии был дан (и постоянно поддерживается) именно военным использованием космоса. Представленные ниже данные приведены в аналитическом обзоре Центра экологической политики России. Материал аналитического обзора показывает, что космическая деятельность, в том виде и объемах, в каких она осуществляется в настоящее время, уже привела к нарушению природных характеристик ближнего космоса и в частности верхней атмосферы, в том числе изменению энергетического баланса и химического состава. Последствия этих изменений для биосферы и человека еще не вполне ясны, но, по всей видимости, они не будут благоприятными.

Первый искусственный спутник Земли (ИСЗ) массой 83,6 кг был запущен на околоземную орбиту 4 октября 1957 г, с применением ракеты носителя (РН). Именно этим запуском ознаменовано формальное начало Космической эры, но также реальное и последовательное воздействие ракетно-космической техники (РКТ) на Землю и околоземное космическое пространство.

Почему дату запуска первого космического спутника Земли приходится воспринимать, как формальное начало космической эры. Да потому, что фактически уже в начале 1956 года советская "Ракета Р-5М впервые в мире пронесла через космос головную часть с атомным зарядом. Пролетев положенные 1200 км после старта (с полигона в Капустином Яре, Астраханская область СССР, — С. К.), головка без разрушения дошла до Земли в районе Аральских Каракумов. Сработал ударный взрыватель и наземный ядерный взрыв ознаменовал в истории человечества начало ракетно-ядерной эры.

В основе космической деятельности лежали интересы обеспечения военно-политической безопасности. При этом последствия ядерных взрывов надолго заслонили огромной важности проблему сверхтоксичности гептила и других КРТ. Показательно, что именно боевые стратегические ракеты были использованы для выведения в космос первого ИСЗ (1957 г.) и первого человека (1961 г.).

Таким образом, исследуя экологическую опасность КД, следует помнить о военном происхождении РКТ, которая в значительной мере является порождением "холодной войны", приведшей к возникновению гремучего ядерно-космического продукта современной технократической цивилизации, до сих пор висящий дамокловым мечом над человечеством и всей биосферой Земли.

Между тем, нельзя не восхищаться достижениями в освоении космического пространства: выходом в открытый космос, экспедициями на Луну, созданием орбитальных станций, спутниковых систем навигации и связи. Результатом космических исследований явился ряд крупных научных открытий, таких как обнаружение радиационных поясов вокруг Земли, определение газового состава и других основных характеристик атмосфер Венеры и Марса и многого другого. На повестке дня - создание космической производственной инфраструктуры вблизи Земли и на Луне, новых гигантских платформ и глобальных систем. Ныне в сфере космической деятельности (КД) занято несколько миллионов человек. Мировой рынок космических товаров и услуг оценивается в сотни миллиардов долларов США и устойчиво растет на 5 % в год. Вместе с тем, достижения и последствия КД имеют и обратную, темную сторону - плату за прогресс. Она определяется спецификой исследования и освоения околоземного космического пространства (ОКП), которое, в отличие от аналогичного процесса в отношении всех других природных сред, состоит в необходимости использования очень мощных технических средств, каковыми являются космические ракеты. А между тем, посредством столь мощных средств изучается и осваивается наиболее слабая и уязвимая из всех природных сред. Потому что содержание вещества и энергетика процессов в ОКП на много порядков меньше, чем в приземной атмосфере и тем более гидросфере или литосфере. Из этого взаимодействия - наиболее мощных технических средств с наиболее слабой из известных нам природных сред и проистекает главная экологическая опасность космической деятельности. За сравнительно короткий "космический век" мы достигли такого уровня антропогенного воздействия на ОКП, которого не удалось достичь в отношении других природных сред за несколько столетий научно-технического прогресса.

Одним из негативных последствий космической активности является загрязнение ближнего космоса "космическим мусором". Так во время полета американского корабля "Спейс Шаттл" в его иллюминатор попала частица мусора и оставила воронку диаметром 2,4 мм и глубиной 0,63 мм, повредив стекло в пределах круга диаметром 4 мм. Исследование показало, что повреждение вызвано частицей краски величиной с крупинку соли, т.е. диаметром около 0,2 мм встретившаяся с иллюминатором с относительной скоростью 6 км/с.

Исследование 2 кв. м теплозащитного покрытия и 0,5 кв. м алюминиевых жалюзи спутника "Solar Мах", доставленных на Землю космонавтами "Спейс Шаттл", показали, что за четыре с лишним года их пребывания в космосе на них образовалось 1910 сквозных отверстий и выбоин диаметром от 40 до 300 мкм, т. е. около 8 отверстий и выбоин на 100 см2. Из этого следует, что, например, даже спичечный коробок в космосе испытал бы за это время примерно один удар. Энергия мусора вследствие высокой скорости движения его частиц, более чем на порядок превосходит тепловую энергию всех молекул верхней атмосферы рассматриваемой области. Однако благодаря большому, порядка 70 лет, времени жизни частиц мусора в ОК, эта энергия передается атмосфере весьма медленно по сравнению с энергией солнечного ультрафиолетового излучения. Скорость передачи этой энергии возрастает по мере измельчения мусора результате взаимных столкновений. С ростом массы мусора, вероятность столкновений растет и увеличивается передача энергии мусора верхней атмосфере.

Подводя итоги изложенному аналитический обзор приводит следующие выводы

1. Космический мусор накапливается в ОКП в обширной области высот от 400 км до 2000 км и уже в настоящее время его масса сравнима с массой всего вещества ОКП выше 400 км

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. При ожидаемом удвоении космического мусора, его кинетическая энергия превзойдет тепловую энергию газа ОКП, в той его части, где мусор существует, и при условии начала лавинообразного размножения эта энергия будет эффективно передаваться окружающем газу.

Между тем, среднее время жизни в верхней атмосфере частиц космического мусора составляет порядка 100 лет. В таком случае запасенная мусором энергия будет передаваться верхней атмосфере крайне медленно, несравнимо медленней, чем энергия солнечного, ультрафиолетового излучения. Однако такая ситуация будет иметь место, только если основная масса мусора сосредоточена в крупных фрагментах. Всякое их дробление сразу сокращает среднее время жизни частиц и увеличивает эффективность передачи энергии окружающему газу верхней атмосферы. В случае лавинообразного размножения мусора из-за взаимных столкновений, эта эффективность станет очень велика и тогда среда практически безвозвратно утратит свои естественные свойства.

Необходимо отметить, что 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.

К сказанному добавим, что 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.

В целом следует признать, что экологический аспект является доминирующим для оценки предельного пылевого загрязнения ОКП. 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.

Радиоактивное загрязнение ОКП 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 (точнее, активной зоны) 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.

В настоящее время в ОКП на высотах 800-1000 км находится около 50 объектов с радиоактивными фрагментами. США в гораздо меньшей степени использовали ядерные энергетические установки на космических аппаратах. Всего американцами было запущено 12 таких спутников, нами - 36.

Система радиационной безопасности предусматривает остановку реактора и перевод его на достаточно высокую орбиту, где время жизни подобного объекта заведомо превышает время распада осколков деления продуктов остановленного ядерного реактора. В случае отказа системы увода ЯЭУ или космического аппарата вместе с ЯЭУ на орбиту консервации, предусмотрено диспергирование ядерного реактора. Соответствующая система включается до начала разогрева и аэродинамического разрушения конструкции ЯЭУ 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 — 10-6.

Работающий ядерный реактор заметно изменяет естественную фоновую картину потоков нейтронов и гамма-квантов в локальной области ОКП. 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 в ОКП 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 (в частности по наблюдениям полярных сияний) 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.

Выбор орбит консервации ядерных реакторов был осуществлен в конце 60-х годов, когда уровень космического мусора был еще не слишком высок. Однако в настоящее время именно область высот 800-1000 км оказалась наиболее загрязненной, в связи с чем возникла реальная опасность разрушения ядерных реакторов в результате столкновений с фрагментами космического мусора заведомо раньше, чем произойдет распад осколков деления безопасного уровня. Расчеты показывают, что за время своего существования на орбите (примерно 200 лет.) ядерный реактор может испытать порядка 20 аварийных столкновений. Недавно (Назаренко, 1996) было показано, что одно столкновение с частицей мусора размером 0,5 см должно иметь место в среднем за 6 лет и за 26 лет с частицей размером 1 см. Последствием такого столкновения является разрушение ЯЭУ и рассеивание радиоактивного вещества в ОКП с возможным его осаждением в приземную атмосферу. Несколько лет назад американские ученые сообщили о наблюдении в ОКП радиоактивных фрагментов космического мусора, связав их появление с разрушением ядерных реакторов спутников "Космос".

Возникающее радиоактивное загрязнение может представлять опасность для работ навигационных систем, метеоспутников и систем наблюдения за природными ресурсам которые используют близкие орбиты. Таким образом, именно рост массы космического мусора, являясь причиной разрушения ЯЭУ, определяет радиоактивное загрязнение ОКП. Однако для ОКП это загрязнение не представляет особой опасности в плане изменения свойств этой среды. Главная экологически опасность связана с возможностью падения фрагментов разрушенных ЯЭУ и осаждения радиоактивных веществ в приземную атмосферу и на поверхность Земли. Подобный случай произошел в 1978 г. при аварии спутника "Космос-954", когда крупные радиоактивные осколки рассеялись на севере Канады. Специальный анализ атмосферы в разных точках планеты в июне и сентябре 1978 г. показал, что большая часть многотонной массы "Космоса-954" испарилась и была рассеяна в атмосфере Земли. В том числе и по крайней мере 37,1 кг отработавшего ядерного топлива.

Наибольшую опасность представляют выбросы радиоактивного плутония: плутония-238, который выделяет в 280 раз больше энергии, чем Рu-239, и соответственно в 280 раз более радиоактивен, чем плутоний-239. 450 г Рu-238 при его равномерном распространении достаточно, чтобы вызвать рак у всех людей, населяющих Землю. Выведение в космос 32,75 кг Рu-238 эквивалентно по опасности выведению в космос 770 кг плутония -239.

21 апреля 1964 г. навигационный спутник США "Транзит" SВМ-3 не вышел на запланированную орбиту, развалился и сгорел в атмосфере над западной частью Индийского океана к северу от Мадагаскара, выбросив 950 г плутония -238 общей активностью около 17 тыс. Ки. В результате содержание этого радионуклида в околоземном пространстве увеличилось в три раза. В мае 1965 г. содержание этого плутония на высоте 10 тыс. м в южном полушарии было в 4 раза выше. Чем в северном. К ноябрю 1970 г. в атмосфере оставалось около 5% выброшенного плутония. А анализ почв показал его присутствие на всех континентах.

В октябре 1997 г. была запущена космическая станция "Кассино" с 32,75 кг плутония -238 к Сатурну, которая пролетела в 312 милях от Земли в 1999 г. Из 41 советских (российских) космических аппаратов, использовавших ядерные энергетические установки, шесть потерпели аварии. Таким образом, надежность таких отечественных спутников не превышает 85,4 %, уровень заведомо неприемлемый, например, в авиации и во многих других областях. Этот факт лишний раз подтверждает, что космонавтика остается сферой особо рискованной деятельности, причем опасные последствия этого риска распространяются не только на прямых ее участников этой, но и на человечество в целом.

Таким образом, объекты современной и перспективной РКТ, особенно РН, являются основными и потенциально опасными, представляющими серьезную экологическую опасность вследствие значительных запасов высокоэнергетического химического топлива. РКТ оказывают негативное воздействие на приземную атмосферу как при эксплуатации, и при ликвидации и утилизации. Наличие на борту космических аппаратов ядерных источников энергии, ядерного топлива и радиоактивных материалов создает угрозу загрязнения приземной атмосферы, а также поверхности Земли при аварийных ситуациях.

Сейчас человечество оказалось перед прямой угрозой нарушения основных естественных свойств и функциональных особенностей ОКП, что чревато тяжелыми последствиями по двум основным причинам.

1. ОКП защищает все живое от губительной радиации, и

2. ОКП является важным звеном в сложной цепи солнечно-земных связей, определяющих климатические условия на Земле.

В дополнение к этим двум причинам следует также подчеркнуть, что надежная работа современной космической техники в очень высокой степени зависит от регулярных естественных вариаций поведения ОКП, нарушение которых может крайне затруднить или сделать практически невозможной работу космических аппаратов и при определенных обстоятельствах стать причиной космических аварий и катастроф.

Таким образом, центральной проблемой экологической безопасности космической деятельности является сохранение основных естественных свойств и функциональных особенностей ОКП. В аналитическом обзоре приводятся следующие основные выводы о распространении в ОКП продуктов работы ракетных двигателей:

основным продуктом, образующимся в ОКП в результате работы двигателей ракет "Протон" и "Шаттл" являются пары воды. Ракета "Протон" выбрасывает также значительное количество двуокиси углерода, а "Шаттл" — хлора и его соединении;

на высотах более 100 км молекулы воды довольно быстро разлагаются, образуя водород, количество которого даже от одной ракеты сравнимо с его глобальным естественным содержанием;

водород распространяется на расстояния в десятки тысяч километров, образуя в ОКП грибовидное облако, в котором содержание атомов Н превышает фоновое на проценты в случае полета ракеты "Протон" и на десятки процентов в случае полета ракеты "Шаттл" на 5 и 10 суток, соответственно;

при периодически повторяющихся пусках ракет "Протон" с интервалом в пять суток устанавливается стационарный глобальный избыток антропогенного водорода порядка 5—10% , при пусках ракет "Шаттл" в том же режиме избыток составляет 20—40%;

степень нарушения естественного баланса водорода в ОКП сильно зависит от гелио-геофизических условий, и она максимальна при низкой солнечной активности, особенно если пуски ракет происходят периодически и в зимней полусфере;

образующаяся в результате полетов ракеты "Протон" двуокись углерода распространяется в ОКП гораздо медленнее, чем водород, из-за большей массы и большего размера молекул, так что при регулярных пусках с периодом в пять суток размер области избыточного содержания СО не превышает 1000 км. Его распределение внутри этой области крайне неравномерно, от единиц процентов на краях до многоразового превышения фона в зоне, где проходила траектория полета ракет.

Обратимся к анализу влияния продуктов работы ракетных двигателей на нижнюю часть ОКП - страто-мезосферу. Среда здесь имеет сложный химический состав, одним из компонентов которого, наиболее значимых для всего живого на поверхности Земли, является озон. Поскольку именно озон является последней преградой на пути опасного ультрафиолетового излучения, основная часть которого поглощается на больших высотах, то содержание озона давно стало предметом пристального внимания и в настоящее время переросло в важную экологическую проблему сохранения озонового слоя.

Однако эта проблема существует не сама по себе, проблема сохранения озонового слоя органически связана с более общей проблемой сохранения верхней атмосферы. Несомненно, озон следует рассматривать как одну из составляющих верхней атмосферы, поведение которой прямо зависит от состояния среды в целом.

Известно несколько каталитических циклов гибели озона в стратосфере. Сравнение участников этих циклов с продуктами выбросов ракет "Протон" и "Шаттл" показывает, что в результате работы ракетных двигателей образуются практически все те вещества, которые обусловливают гибель озона в естественных условиях. Однако наиболее важными из них являются окись азота и хлор с его соединениями. Последние образуются только в результате работы твердотопливных двигателей.

В настоящее время отсутствуют сколько-нибудь надежные данные наблюдений изменений озонового слоя при запусках ракет, поэтому все оценки таких изменений строятся только на основе модельных расчетов. В таком случае особую важность приобретает точное знание, в каком количестве образуются в результате работы ракетных двигателей указанные выше агенты, разрушающие озон. Наибольшие трудности возникают при определении содержания окиси азота, поскольку для нее, оказываются существенными неравновесные процессы, в ходе которых содержание окиси азота может возрастать на шесть порядков. Дополнительное образование окиси азота может также иметь место при так называемом "дожигании" - взаимодействии выбрасываемого в больших количествах молекулярного азота с атомарным кислородом верхней атмосферы,

Модельные расчеты влияния полетов ракет на озоновый слой проводились для ракеты "Энергия" и "Шаттл", как наиболее мощных. Согласно этим расчетам в результате одиночного пуска ракеты "Энергия" максимальное уменьшение озона произойдет через 24 дня и составит 1,5—1,7% в пределах вертикального столба диаметром 550 км. В случае залпового пуска 12 ракет аналогичное уменьшение составит 6—6,6%. Глобальный эффект залпового пуска, например на широте 45°, согласно другим расчетам, состоит в переносе обеднения озонового слоя на более высокие широты пример за 130 дней, так что на широте 80° оно окажется примерно в 3 раза меньше максимально обеднения на широте пуска. Во всех случаях характер высотного распределения возмущения озонового слоя сохраняется — максимальное обеднение имеет место в области максимума озонового слоя; ниже максимума, в тропосфере, имеет место небольшое увеличен концентрации озона. Ежемесячные пуски ракет "Энергия" в течение 4 лет приведут к уменьшению содержания озона в Северном полушарии на 0,1% на средних широтах и 0,3—0,4% в высоких широтах. Общее уменьшение содержания озона над Северным полушарием через 15 лет при регулярных ежемесячных пусках ракет "Энергия" может достичь 2,5%. Согласно расчетам при ежемесячных пусках ракет "Шаттл" (это примерно соответствует существующему режиму) в течение 4 лет общее содержание озона снизится на 0,3% в средних широтах и на 0,4—0,6% в высоких широтах. Однако оценки (Ропег, 1981) для пусков "Шаттл" в год дают уменьшение концентрации озона в Северном полушарии на 0,2%, что сопоставимо с воздействием других антропогенных источников.

Существует также реальная опасность загрязнения территорий, непосредственно прилегающих к местам расположения ракетных пусковых установок, и земель, отторгнутых под зоны падения ступеней ракет. Имеются даже данные, указывающие на возможное изменение погодных условий и растительности в районах космодромов. Космические происшествия (аварии, катастрофы) в связи с техническими характеристиками космической техники, вызывают тяжелые последствия. Возникла и нарастает новая угроза, обусловленная возможным падением аварийных космических аппаратов на наземные объекты: населенные пункты, атомные электростанции, химические и другие потенциально опасные объекты. Подобное аварийное падение космической ракеты, запускаемой с семипалатинского полигона и произошло на территории одного из районов Казахстана в 1999 г., в результате чего был оценен материальный ущерб, а последующие плановые запуски ракет с семипалатинского полигона были надолго приостановлены.

Наиболее мощное воздействие на природную среду происходит на космодромах в процессе старта крупных ракет. Реализуемый в настоящее время мировой грузопоток в космос требует ежегодно около 100—120 пусков РН различной грузоподъемности.

Основными вредными факторами, влияющими на состояние окружающей среды при пусках РН, являются большие выбросы продуктов сгорания при старте в приземном слое атмосферы (тропосферы). К нежелательным локальным последствиям в районе старта ракет-носителей могут так же привести выбросы хлористого водорода и окислов алюминия, содержащиеся в продуктах сгорания некоторых носителей, в частности "Шаттла". Эти выбросы могут вызвать выпадение кислотных дождей, увеличение содержания в воздухе взвешенных частиц, токсическое загрязнение облачного покрова, изменение погодных условий на прилегающих к стартовой площадке территориях.

В ряде систем РКТ - до 80-90 % приходится на топливо Соответственно, совокупные "отходы производства", включающие в себя также элементы конструкции при запуске РКТ составляют 97—99 %. При старте объекта РКТ, когда масса ракетно-космической системы максимальна скорость полета мала, происходит мощный залповый выброс продуктов сгорания и тепловой энергии, возникают сильные акустические колебания (шумы и вибрации).

Многие из применяемых компонентов ракетного топлива (КРТ) являются высокотоксичными. Чем больше стартовая масса, тем больше выброс продуктов сгорания. Имеются также остатки КРТ на отделяемых ступенях РН. Чем больше масса РН, тем большие остатки топлива на отделяемых ступенях. Все это – факторы загрязняющие природную среду на территориях РТ.

К основным факторам негативного воздействия РКТ на окружающую среду в районах падения отработавших ступеней РН относятся:

загрязнение почвы, атмосферы, поверхностных и грунтовых вод высокотоксичными продуктами сгорания РКТ с возможностью отравления ими живой природы и человека;

засорение территорий металлоконструкциями;

механическое и химическое повреждение почвы и растительности.

Сравнительный анализ воздействия отечественных и зарубежных космодромов на окружающую среду показывает следующее. С главных наших космодромов "Байконур" и "Плесецк" осуществлялось в среднем за год от 65 до 75 пусков, и суммарная площадь территорий, подверженных их вредному воздействию составляет 18 млн. га. В отличие от отечественных космодромов, основные зарубежные расположены в прибрежной зоне, и их районы падения приходятся на акватории Атлантического и Тихого океанов. С обоих космодромов США (Восточный и Западный испытательные полигоны) осуществляется в среднем в год от 15 до 20 пусков. С французского полигона осуществляется в среднем в год не более 6-8 пусков.

Таким образом, если исходить только из соотношения числа пусков, то отечественные космодромы примерно в 3-4 раза сильнее воздействуют на среду, чем зарубежные. Однако на самом деле это соотношение следует увеличить на несколько порядков, во-первых, из-за того, что:

способность океана ассимилировать многие вредные загрязнения гораздо выше, чем аналогичные возможности суши, и,

во-вторых, большинство запускаемых с зарубежных полигонов ракет используют твердое топливо, которое не содержит высокотоксичных веществ, имеющихся в жидком топливе.

Проливы и выбросы значительного количества токсичных КРТ происходят в РП отработавших ступеней и при авариях (на старте, в полете, при транспортировке).

Существует высокий не менее 3 %, риск аварий при запуске объектов РКТ особенно для старта РН. При авариях РН, которые, как правило, сопровождаются крупными пожарами и взрывами с мощными акустическими воздействиями (перепад давления на фронте ударной волны, шум), происходит значительный выброс продуктов сгорания и тепловой энергии оказывающий серьезное воздействие в приземную атмосферу и земную поверхность Существует сложная проблема утилизации РКТ и КРТ. Все вышесказанное свидетельств о невысокой экологичности РКТ и КРТ.

Так, только в 1996 г. в мире произошло 4 аварии РН при запусках (из них 2 в России). 15 января - катастрофа РН СZ-ЗВ (Китай) при старте с космодрома вследствие потери управляемости, со взрывом, падением фрагментов на населенный пункт, разрушено и повреждено большое количество домов. Погибло "не менее 6", ранено "более 100 человек". 4 июня авария РН "Ариан-5" (ЕКА) с четырьмя спутниками при пуске с космодрома Куру Французская Гвиана); на 40 с полета РН была аварийно подорвана для того, чтобы избежать падения на г. Куру. Большая часть обломков упала в радиусе 5 км, отдельные - до 17 км. Причинен материальный ущерб в сотни миллионов долларов, а также экологический ущерб природной среде. Люди, живущие в радиусе 25 км от космодрома, в течение 3-х суток жаловались на жжение в глазах, проблемы со зрением и слухом.

Современная РКТ и КРТ созданы в "доэкологический период", до сих пор отсутствует соответствующая нормативная база и требования к экологическим характеристикам. Не в СССР, не в России, РКТ и КРТ фактически не подвергались экологической экспертизе.

Крупнейшая из созданных и эксплуатировавшихся в мире РН "Сатурн-5" (США) со стартовой массой 2800 т и высотой около 100 м многократно запускалась в 1967—1972 гг. при подготовке и реализации Лунной программы, а также при выведении в космос и эксплуатации первой американской орбитальной пилотируемой космической станции "Скай-лэб" в 1973 г. Первый запуск РН "Сатурн-5" состоялся 9 ноября 1967 г. (три ступени выводили космический корабль "Аполлон" массой 20,4 т). Вот описание этого запуска.

"От рева двигателей находящиеся поблизости здания колебались, как при землетрясении. В 5 км от стартового комплекса рухнула крыша павильона телевизионной компании... Возникший грохот, по уровню шума, был сравним с извержением в 1883 г. вулкана Кракатау в Зондском проливе. Вызванная работой двигателей первой ступени воздушная ударная волна была зарегистрирована геологической обсерваторией, расположенной в 1770 км от места старта". Каждый запуск сопровождался мощным выбросом продуктов сгорания.

В целях обеспечения безопасности, стартовый комплекс пусков ракетно-космической системы "Сатурн-5"-"Аполлон" на Восточном испытательном полигоне США, имел несколько зон безопасности: наиболее опасная из них - зона непосредственно в районе стартового сооружения с возможным избыточным давлением во фронте ударной волны в случае взрыва РН на старте до 10 атм и уровнем шума более 135 дб (Стромский, 1996, с. 18).

Российская РН "Энергия", которая признана высшим техническим достижением, обладает стартовой массой 2400 т при возможности доставки в космос полезного груза 95 т. В ней воплощена прогрессивная кислород-водородная технология. РН "Энергия" проектировалась для выведения многоразового космического корабля "Буран", массой около 100 тонн, но была закрыта в 1992 году из за нехватки средств.

Американской многоразовой космической системой "Спейс - Шаттл", имеющей стартовую нагрузку 2000 т. при массе многоразового транспортного космического корабля (МТТК) Шаттл около 100 т и полезной нагрузке - 30 т. выполнено около 100 полетов, один из которых закончился трагически. Система орбитального маневрирования МТТК "Шаттл" использует в качестве горючего 2000 кг монометилгидрозин и, 3400 кг окислителя - четырехокиси азота, то есть 5,4 т. высокотоксичных веществ. Аналогичное топливо используется и в системе ориентации. Общая масса этого топлива, которое частично расходуется на ориентацию корабля в полете, может достигать 10 т. При возвращении и вхождении в плотные слои атмосферы, на высотах ниже 20 км и до момента приземления, остатки топлива сливается в атмосферу или дожигается в ней, Это примерно от 2 до 5 т монометилгидразина и четырехокиси азота: т.е. всего с 1981 г. в 100 полетах, возможно, было слито от 200 до 500 т остатков этого топлива.

Использование в качестве ракетных топлив отечественных и зарубежных РН. "НДМГ применявшихся в РН "Титан" (США), "Ариан" (Франция), "Великий поход" (Китай), применение в составе РН США "Спейс Шаттл", "Дельта", "Скаут" и других твердотопливных ускорителей приводит к загрязнению атмосферы токсичными и озоноактивными продуктами сгорания твердых топлив, таких, как окись алюминия, окислы азота, соединения хлора".

Среди отечественных РН "абсолютным чемпионом" по вредным воздействиям на атмосферу является "Протон" - самая мощная и надежная из всех эксплуатируемых ракет подобного класса в России и мире. В результате 255 запусков РН "Протон" с 1965 г. по 1998 г., с учетом аварий, только гептила пролилось на землю и распылилось в атмосфере не менее 500-600 т.

Значительное загрязнение приземной атмосферы имеет место при ликвидации и утилизации ракет и компонентов ракетного топлива, что создает прямую угрозу жизни и здоровья людей.

Ликвидация ракет на твердом топливе производится методом отжига РДТТ на открытом стенде НИИПМ, расположенном в густонаселенной местности - на окраине г. Закамска, всего в 5 км от г. Перми, одного из наиболее неблагоприятных в экологическом отношении регионов России. При отжиге в атмосферу выбрасываются сотни тонн хлористого водорода и оксидов азота, а протяженность зоны заражения приземных слоев атмосферы может достигать 15-20 км. Ситуация с утилизацией РДТТ привела к массовым протестам населения в г. Перми.

Существующие ракетно-космические системы реализованы, как правило, по многоступенчатой схеме: ракеты-носители конструктивно имеют в своем составе от 2 до 6 ступеней и множество других отделяемых элементов, каждый из которых отбрасывается за ненадобностью после того, как исполнит свою функцию в полете в процессе выведения в космос полезной нагрузки - космического аппарата. Кроме того, как уже указывалось во введении, ракеты имеют весьма низкий коэффициент полезного действия (до 3 %). Эти два обстоятельства и лежат в основе проблемы районов падения (РП), расположенных вдоль трасс полетов запускаемых систем.

С какой бы точки Земли (с поверхности суши, водной поверхности или из атмосферы) ни производился запуск космического объекта, эта проблема существует и будет, видимо, существовать даже при полетах перспективных одноступенчатых ракет или аэрокосмических самолетов (как зона потенциально возможного падения в случае аварии при выведении на орбиту).

Падение первых ступеней ракет "Зенит" и "Энергия" сопровождается засорением фрагментами. Суммарная площадь РП, составляет 1 428 800 га. Таким образом, примерно на половине общей площади территорий, загрязняемых в результате запусков ракет, основное вредное воздействие связано с механическим мусором.

Вторые ступени ракет "Протон" и "Циклон" разрушаются при падении на высотах 35-50 км, и их фрагменты оказываются загрязнены высокотоксичными компонентами топлив, из которых наибольшую опасность представляет НДМГ (несимметричный диметилгидразин, гептил). Общая площадь районов рассеяния оценивается в 2471000 га.

Наибольшую опасность представляет падение первых ступеней ракет "Протон", "Космос", "Циклон" и "Циклон-М". При падении на землю эти ступени самопроизвольно взрываются, что обеспечивает рассеяние в атмосферу и разлив высокотоксичных компонентов. Общая площадь таких районов оценивается примерно в 1 млн. га. Остальные площади связаны с районами падения первых ступеней ракет "Союз" и "Молния", которые не разрушаются, но на месте падения могут быть проливы керосина.

Наименее опасными с точки зрения воздействия на окружающую среду представляются районы падения головных обтекателей. Общая площадь таких районов составляет на территории России 5259000 га, т.е. примерно 25% от всей площади районов падений. Загрязнение имеет место в результате падения вторых ступеней ракет "Союз" и "Молния", когда падают два крупных фрагмента. Суммарная площадь этих районов составляет в России 4662000 га, т.е. примерно 23% от общей площади всех районов падения.

В Республике Саха среднегодовые проливы НМГД составляют 0,22 тонн в год, азотный тетраоксид (АТ) – 0,32 г/год на общей площади 1,09 млн га. В качестве районов падения РН "Циклон" – 1-й район 2-й ступени и Космос 1-й район 1-й ступени используются отдельные участки Северного ледовитого океана. В акваторию которого попадает ежегодно около 4200 кг НДГМ, 6820 кг азотной кислоты (АК) и 1300 кг АТ.

Наиболее опасны РН "Протон", первые и вторая ступени которой содержат более 2 т НДМГ – гептила, попадающего в атмосферу и на землю. НДМГ относится к 1-му классу опасности. Опасен при любых путях поступления в организм – через желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, кожу и слизистую. Потенциальная опасность при попадании в объекты окружающей среды определяется высокой летучестью неограниченной растворимостью в воде, способностью к миграции, накоплению, высокой стабильностью в глубоких слоях почвы и растениях, образованием при разложении еще более опасного вещества - нитрозодиметиламина и других "Гептил в 6 раз более ядовит, чем синильная кислота... В случае выброса - последствия непредсказуемы... Тератогенный и специфический онкогенный отдаленный эффект. Довольно быстро окисляется, но условия окисления разные. В анаэробных условиях - дольше. С кислородом и озоном быстрее, но образуется много токсичных веществ, в том числе ксенобиотиков, некоторые - абсолютные канцерогены... Метаболиты в организме более канцерогенны, чем гептил (так называемый летальный метаболизм)...

Все первое поколение заправщиков гептила погибло. Регистра лиц, работавших с гептилом, нет". "Жители села Саратан (Алтай) рассказывают, что первый "ракетопад" у них случился в 1959 году. В районе "приземления" ракет на альпийских лугах стал ... гибнуть крупный рогатый скот, лошади, овцы. Была уничтожена вся растительность. Исчезли яркие высокогорные цветы. Улетели птицы. Теперь там нет косачей, белых куропаток, глухарей, даже кукушек. Из лесов ушли лоси, медведи. Умолк птичий гул. В лесу - мертвая тишина".

"Жители окрестных сел стали неожиданно седеть (село Язула), уже стали нормой повышенное кровяное давление, заболевание почек и печени, у школьников с 1992 года почему-то начали выпадать волосы (села Каракюдур, Балыкча). Помимо этого зарегистрировано много случаев рака. В дополнение ко всему возникли странные психические заболевания, которые выражаются в агрессии по отношению к близким, родным. После 1991 года участились самоубийства, в том числе и детские: в 1995 году покончили с жизнью 36 человек (из них 10 детей). Врачи Центральной районной больницы отмечают увеличение случаев появления на свет детей с уродствами, несовместимыми с жизнью (отсутствие стенок живота и даже костной ткани черепа, когда мозг прощупывался пальцами). Первый "желтый" ребенок родился в 1989 году в селе Анисимово Тальменского района Алтайского края. С тех пор признаки поражения гептилом присутствуют и у детей, и у взрослых. В этом отношении Алтаю "повезло" больше всех: на его территории расположены сразу два полигона - Российского космического агентства и Минобороны. Зона загрязнения КРТ хватывает не менее трех районов - Улаганский, Турочакски, Турочакский и Чойский, а также весь алтайский заповедник".

"В шестистах километрах к югу от Новосибирска, в каких-то 10 км от Казахстанской границы, у подножия Западной Саянской гряды находится маленькая таежная деревня Новоалейка с населением около 700 человек. Падение ступеней ракет для местных жителей - обычное дело. Многие жители деревни видели, как очередной обломок летел, оставляя за собой шлейф белого дыма, и падал на лес, опалив деревья. А по сведениям местной телекомпании "Катунь", в одной из окрестных деревень бывали случаи падения обломков на жилой территории, из-за чего гибли люди и домашние животные. Однако по указанию местной администрации правда о таких происшествиях замалчивалась.

Лужи, покрытые желтой пленкой, сосны и ели - с бурой хвоей. Жители рассказывают, что в отделяющихся ступенях ракет остается жидкое топливо..., которое в результате падения вытекает, распыляется в атмосфере и "обжигает" листву деревьев. После дождя на дорогах Новоалейки остаются лужи, покрытые яркой желтой пленкой. Если такая вода попадает на кожу, появляются волдыри, как от ожога, потом кожа в этих местах краснеет и чернеет. Среди рыбы, которую издавна ловят в местной речке, попадаются двухголовые экземпляры, а у коров иногда рождаются безногие телята. В большом количестве рождаются дети с желтой кожей, известные в широких научных кругах как "желтые дети". Два года научных исследований укрепили уверенность в том, что все это - влияние гептила. Дети в селе часто жалуются на головную боль. По существу, современная РКТ антиэкологична и враждебна природной среде. Совокупная экологическая опасность космической деятельности оказывается не меньше, чем других видов деятельности (промышленного производства, транспорта, сельского хозяйства…) Между тем, в топке военно-космических расходов США,

СССР, Францией, Китаем сожжено, по расчетам А.В.Яблокова, более восьми триллионов долларов. Даже части этой суммы было бы достаточно, чтобы обеспечить всех людей в мире качественной питьевой водой и достаточным количеством пищи, найти эффективные средства лечения СПИДа и любых других заболеваний, прекратить рост пустынь и уничтожение девственных лесов, перейти к использованию только возобновимых источников электроэнергии. Или, говоря иными словами - решить если не все, то большинство острых проблем развивающегося человечества. То, что все это не сделано, цена развития мировой космической индустрии.

На другой чаше весов:

всемирные телевизионная и телефонная сети,

более точный прогноз погоды,

система сигнализации о терпящих бедствие морских и воздушных судах,

более глубокие знания о Луне и других планетах Солнечной системы,

ежеминутное наблюдение за всякой подозрительной деятельностью на территории других государств (например, за строительством заводов химического оружия в Алжире, пусковых ракетных установок в Ираке, перемещениями военных судов в Мировом океане).

Избираемые гражданами Земли национальные парламенты одобрили расходы на осуществленные и планирующиеся космические программы. Но, похоже, что в этом выборе не были в достаточной мере учтены опасные экологические последствия космической деятельности для биосферы Земли и ее населения.