



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/593/Add.3*
7 February 1995

RUSSIAN
Original: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВ С ЯДЕРНЫМИ
ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
С КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ

Записка Секретариата

Добавление

1. Генеральный секретарь направил вербальную ноту от 13 июля 1994 года в адрес всех государств-членов, предлагая им представить информацию о проводимых национальных исследованиях по проблемам космического мусора, безопасности спутников с ядерными источниками энергии и столкновений летательных аппаратов с ядерными источниками энергии на борту с космическим мусором.

2. В настоящем документе содержится информация, представленная в ответах, полученных от государств-членов в период с 3 по 7 февраля 1995 года.

СОДЕРЖАНИЕ

Страница

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ	2
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	2

*Настоящий документ официально не редактировался.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

[Подлинный текст на английском языке]

А. Принимаемые Соединенным Королевством меры свести
до минимума космический мусор

Соединенное Королевство признает особый характер геосинхронной высоты и необходимость сохранения этого общего мирового ресурса для будущего развития и освоения.

В связи с этим семье геосинхронных спутников связи Skynet, находящихся под контролем Соединенного Королевства, предъявляются следующие эксплуатационные требования:

- все спутники, находящиеся в настоящее время на орбите, имеют достаточный запас топлива, который позволяет осуществить трехимпульсный маневр увода на круговую орбиту с минимальной высотой 150 км над геостационарным кольцом по окончании срока их эксплуатации; и
- конструктивные требования к будущим поколениям спутников предусматривают возможность их увода на орбиту с минимальной высотой 500 км над геостационарным кольцом с помощью трехимпульсного маневра, осуществляемого по окончании срока их эксплуатации.

Для исключения возможности взрыва для всех случаев должны разрабатываться соответствующие рабочие процедуры для перевода всех энергетических подсистем в пассивный режим после увода спутника на орбиту захоронения.

В. Обоснование рисков использования космических систем
с ядерными источниками энергии

Считается абсолютно необходимым при рассмотрении принципов безопасного использования ядерных источников энергии (ЯИЭ) в космическом пространстве учитывать принцип обоснованности, что является основополагающим требованием в отношении выполнения рекомендаций МКРЗ и одним из основных принципов МАГАТЭ в области ядерной безопасности. Обсуждение существующих проблем позволило сделать вывод о том, что, если будет подтверждено, что сфера охвата Конвенции о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами, распространяется на все страны, терпящие ущерб, можно будет подготовить убедительные критерии качественной оценки в соответствии с принципом обоснования тех полетов, которые и так считаются в целом допустимыми. До достижения на международном уровне консенсуса в отношении уровня безопасного использования космических ЯИЭ предлагается представлять Комитету количественную оценку в обоснование всех будущих полетов космических летательных аппаратов с ЯИЭ.

1. Введение

Принятие Генеральной Ассамблеей в декабре 1992 года принципов безопасного использования ядерных источников энергии (ЯИЭ) в космическом пространстве 1/ стало кульминационной точкой работы по их выработке, длившейся более десятилетия. Многие страны, принявшие участие в этой работе, придерживались

различных точек зрения, что затруднило достижение консенсуса. После выработки компромисса по существу, который требовался для достижения консенсуса, Генеральная Ассамблея одновременно приняла решение начать процесс рассмотрения принципов.

Проблема разработки принципов безопасного использования ЯИЭ в космическом пространстве отличается от подобной проблемы в наземных условиях. Космические ЯИЭ представляют потенциальную опасность для всех стран, находящихся под соответствующей орбитой, а опасность наземных ЯИЭ в значительной степени ограничивается страной происхождения, а случаи исключения регулируются различными конвенциями 2/, 3/, 4/, 5/, 6/ и двусторонними соглашениями. Конвенция о ядерной безопасности 6/, принятая в 1994 году по инициативе МАГАТЭ, получила широкую поддержку, однако ее действие ограничивается лишь наземными гражданскими установками по выработке атомной энергии.

К трудным проблемам, определенным 7/ в действующих принципах безопасного использования ЯИЭ в космическом пространстве, относятся исключение такого важного вопроса, как ядерные ракетные двигатели; формулирование принципов с использованием соответствующих технических терминов, которые устаревают по мере появления новых разработок; и определенное несоответствие с более детально разработанными принципами безопасного использования наземных ЯИЭ. Хотя консенсус в отношении процедуры рассмотрения свода принципов пока не достигнут, представляется абсолютно необходимым, чтобы в рамках любого рассмотрения учитывался принцип обоснования, необходимый для разъяснения конкретных позитивных аспектов выгод от использования ЯИЭ в космическом пространстве. Требование по обоснованию рисков является основополагающим для обеспечения принципов радиационной защиты, принятых МКРЗ 8/, и предусмотрено в принципах ядерной безопасности МАГАТЭ 9/.

Обсуждение сферы применения требования в отношении обоснования представлено в настоящем документе с точки зрения критериев качества. Этого будет достаточно, чтобы показать, что для различных полетов космических летательных аппаратов обоснованием риска использования ЯИЭ служат, вероятнее всего, получаемые от полетов выгоды. Это не снимает необходимость готовить количественную оценку рисков и выгод по каждому полету или серии полетов КЛА в рамках допустимого уровня безопасности 7/, для того чтобы получить положительный чистый итог.

2. Концепция обоснования

Первопроходцы - разработчики новых технологий вынуждены мириться с фактом существования значительных рисков. Так, первые дни эксплуатации паровых силовых установок, железных дорог, сетей энергоснабжения, радиографических приборов, воздушного транспорта и т.д. были отмечены несчастными случаями, когда причинялись увечия и гибли энтузиасты и даже были жертвы среди посторонних людей. По мере совершенствования и расширения областей применения этих технологий общество все больше уделяло внимания вопросам их безопасного использования, что требовало значительного уменьшения рисков, связанных с их эксплуатацией. В ходе этого процесса разрабатывались общие принципы мер безопасности, которым должны были отвечать все технологии.

Исследования космического пространства следуют тем же путем, с той только разницей, что значительную долю рисков удастся заранее уменьшить благодаря уже существующей культуре в области мер безопасности, возникшей на основе созданных технологий. После фатальных случаев, имевших место во время запусков космических кораблей, были приняты дополнительные меры

предосторожности, с тем чтобы снять озабоченность общественности относительно уровня профессиональной опасности и риска для населения в целом.

Регулярное возвращение орбитальных объектов в атмосферу Земли, как правило, не воспринимается как неприемлемый риск: многие из этих объектов сгорают в атмосфере, а более крупных объектов, способных достичь поверхности Земли, не так уж много, чтобы говорить о какой-то серьезной проблеме. Даже падение на территорию Австралии КЛА "Скайлэб" весом примерно 50 тонн в 1979 году не вызвало возмущения общественности, несмотря на тревожные сообщения средств массовой информации о предстоящем возвращении этого объекта на Землю.

И напротив, риск использования ядерных источников энергии (ЯИЭ) в космосе вызывает международную озабоченность после того, как обломки спутника "Космос-954" упали в 1978 году на канадскую территорию. Эта озабоченность, несомненно, усиливается осознанием опасности эксплуатации наземных ядерных систем, несмотря на безукоризненные показатели космических ядерных систем с точки зрения их безопасного использования.

Радиационная защита 8/ и безопасное использование ядерной энергии 9/ представляют собой хорошо разработанные международные дисциплины в области наземного применения. Последствия этих существующих режимов безопасности для космических ЯИЭ обсуждались ранее 7/, и в результате такого обсуждения был определен подход, в котором не только обобщены существующие принципы безопасного использования, но и повышена степень их согласования с созданной наземной системой безопасной эксплуатации. Однако, какой бы подход ни использовался для пересмотра принципов безопасного использования космических ЯИЭ, основополагающим требованием, вытекающим из деятельности МКРЗ 8/ и МАГАТЭ 9/, является принцип обоснования, показывающий, что такого рода риски в полной мере компенсируются выгодами. В данном документе не рассматриваются параллельные принципы, требующие, чтобы риски оставались в приемлемых пределах и были настолько небольшими, насколько это является в разумной степени практически возможным.

Только после выхода в свет публикации МКРЗ № 26 в 1977 году 10/, наряду с другими основными принципами ограничения и оптимизации, был рекомендован формальный принцип, требующий обоснования, т.е. предусматривающий, что никакая практика не будет одобрена, если только ее внедрение не даст позитивных результатов в виде чистой выгоды. Ранее отсутствие количественных данных о рисках радиации ограничивало возможности МКРЗ по определению допустимой дозы, однако логика обоснования рисков полученными выгодами косвенно присутствовала в некоторых предыдущих обсуждениях в рамках МКРЗ.

В рекомендациях 1990 года, изложенных в публикации МКРЗ № 60 8/, использовалась более широкая формулировка: никакая практика, сопряженная с радиоактивным облучением, не должна получать одобрение, если только она не приносит подвергающимся облучению отдельным лицам или обществу достаточной выгоды, чтобы компенсировать причиняемый радиацией ущерб. Аналогичным образом, в ходе разработки международных стандартов безопасности ядерных установок, кульминацией которой явилось принятие консенсусом в 1993 году доклада МАГАТЭ, касающегося основ безопасности, была признана необходимость выбора между возникающими рисками и получаемыми выгодами. Общая цель обеспечения ядерной безопасности заключается в "защите отдельных лиц, общества и окружающей среды... от радиологической опасности", а для ее достижения необходимо создать национальные системы защиты: такие системы, как правило, основываются на рекомендациях МКРЗ или равноценных рекомендациях.

Детальное толкование принципа обоснования требует учета ситуаций, когда некоторые или все лица, подвергающиеся такому риску, не получают вообще или получают незначительные выгоды, т.е. ситуации, которая может, по крайней мере в принципе, возникнуть в случае с ЯИЭ в космосе. Некоторые руководящие указания относительно необходимости уравнивания рисков и выгод обеспечиваются МКРЗ – однако этот широкий процесс уравнивания рисков и выгод будет правомерным только в том случае, если ущерб каждому лицу не превышает какого-то приемлемого уровня 10^{-6} , – и МАГАТЭ, которое признает, что нынешняя международная практика, подразумевающая возникновение рисков в связи с эксплуатацией ядерных установок, должна лишь в незначительной степени способствовать повышению рисков от других сопоставимых видов промышленной деятельности. Кроме того, соображения, связанные с национальным суверенитетом, позволяют предположить, что принцип обоснования должен соблюдаться в каждой стране. В целом, как представляется, неприемлемо такое положение, когда риски, которым подвергается какая-либо страна, не соразмерны получаемым выгодам.

Таким образом, для соблюдения принципа обоснования в отношении ЯИЭ в космосе представляется необходимым не только наличие глобальных позитивных результатов в виде чистой выгоды, но и то, чтобы каждая страна, подвергаемая риску, получала выгоды, которые являются достаточными для того, чтобы оправдать такой риск. Как представляется, необходимо также обеспечить, чтобы даже в рамках одной страны какое-либо лицо, не получающее каких-либо выгод, подвергалось только незначительному риску: на практике незначительный общий уровень риска, возникающего в связи с космическими ЯИЭ, не должен превращать это требование в обременительное.

3. Обоснование глобального риска

Для целей настоящего обсуждения риски, связанные с запусками спутников, будут исключены. Такого рода риски несет, главным образом, осуществляющая запуск организация, и они сопряжены с конкретным полетом. На практике глобальный риск в связи с запуском можно весьма значительно уменьшить за счет выбора траектории запуска, и в целом это не вызвало большой озабоченности у международной общественности. Такого рода соображения должны быть включены в аргументацию, касающуюся безопасности полетов. Здесь же внимание будет уделяться только объектам, находящимся на орбите.

В настоящее время на околоземной орбите находятся свыше 7 000 отслеживаемых объектов (размером свыше 10 см), огромное большинство которых представляет собой осколки ранее запущенных космических аппаратов. Все они обречены на возвращение в атмосферу Земли в определенное время в будущем, причем лишь незначительное их число не сгорит после входа в плотные слои атмосферы и достигнет поверхности Земли. Все районы Земли, находящиеся на широте, меньшей или равной наклонению орбиты, подвергаются риску падения такого возвращающегося объекта. Поскольку большинство каталогизированных объектов имеет наклонение орбиты в диапазоне $60-110^\circ$ (рис. 1), большинство стран подвергается риску падения на их территорию возвращающихся космических объектов.

В число известных ЯИЭ на орбите входят 45 объектов, представляющих собой части спутников серии "Космос". Все они имеют наклонение орбиты, приближающееся к 65° ($64,4^\circ-65,8^\circ$) и, следовательно, могут, по всей вероятности, упасть на территорию большинства стран. Вероятность возвращения этих ЯИЭ на какой-либо конкретной широте имеет разброс (рис. 2), величина которого достигает пика при наклонении орбиты примерно 65° . Эти орбиты являются почти круговыми с максимальной эксцентricностью 0,0086, с высотой в

апогее в пределах 635-937 км, что отвечает срокам существования на орбите, составляющим примерно 60-600 лет, если только не произойдет столкновения с космическим мусором или не будет иметь место другое внешнее вмешательство. Последствия столкновений с космическим мусором для таких сроков существования на орбите могут иметь большое значение для риска возвращения в атмосферу: его еще предстоит оценить в количественном выражении, а эта задача выходит за рамки данного обсуждения.

Некоторое представление о возникающих рисках дает опыт возвращения в атмосферу Земли обломков спутника "Космос-954" 11/, в результате чего радиоактивные частицы и более крупные объекты были рассеяны на поверхности площадью примерно 100 000 км². Проблема очистки территории в связи с другими случаями возвращения космических объектов в атмосферу Земли может весьма отличаться от проблемы, связанной с возвращением "Космоса-954": обломки могут быть рассеяны в гораздо менее отдаленном районе, а плотность населения может быть гораздо выше, что может привести к фатальным случаям. Представляется разумным предположить, что в среднем расходы, связанные с каждым случаем возвращения КЛА, составят примерно 10 млн. долларов США. С учетом того, что в ряде случаев возвращение на Землю произойдет над поверхностью глубоководных районов Мирового океана, расходы, связанные со всеми 45 ЯИЭ, которые в настоящее время остаются на орбите, могут составить порядка 100 млн. долл. США на протяжении нескольких столетий.

Нет и не может быть серьезных сомнений относительно того, что общие выгоды от реализации программы космических исследований в значительной мере перевешивают риски такого масштаба для населения земного шара. Годовые бюджеты таких организаций, как ЕКА (3 млрд. ЭКЮ) и НАСА (14 млрд. долл. США) дают некоторое представление о том значении, которое придается космической деятельности. Что касается полетов в целях исследования и освоения космического пространства, то последствия аварий и рутинные рабочие риски не остановили энергичного продвижения по пути осуществления этих программ, несмотря на некоторые задержки в устранении конкретных опасностей, с которыми пришлось столкнуться в ходе этих полетов. Преимущества для всего мира, которые были получены в результате последующего применения знаний, накопленных в результате такого рода полетов, как считается, полностью оправдывают сопряженные с ними риски. Говоря в целом, риски инвестирования средств в исследование и освоение космического пространства широко воспринимаются как обоснованные с учетом долгосрочных выгод от получения новых знаний.

Однако в будущем большая часть инвестиций в создание космических систем и, следовательно, большая часть рисков будут связаны с прикладными полетами, призванными использовать результаты исследований в практических целях. С учетом современных достижений в области обеспечения безопасности каждый такой полет или категория полетов должны продемонстрировать возможность получения глобальных выгод, которые превышают сопряженные с этим риски. В большинстве случаев это не должно вызвать особых затруднений.

Например, на заре использования спутников связи были получены огромные выгоды, включая прямое вещание со спутников; большие выгоды были также получены в результате совершенствования прогнозов погоды; причем, каждый спутник наблюдения за земной поверхностью в полной мере оправдал сопутствующие риски для населения земного шара. Основными исключениями из этого аргумента глобального обоснования были предложения, которые препятствовали бы осуществлению других видов деятельности в результате загрязнения космической среды.

ЯИЗ использовались только на небольшом числе космических летательных аппаратов, и, следовательно, ядерные риски не могли стать проблемой с точки зрения обоснования большинства полетов. Вследствие стоимости и сложности ЯИЗ они использовались только в тех ситуациях, когда альтернатива им была технически непригодной, т.е. главным образом при исследовании межкосмического пространства и в ходе полетов, связанных с обеспечением обороны. Хотя если оглянуться назад, коллективные риски, связанные с этими полетами, и в первую очередь затраты на очистку территории в результате падения обломков "Космос-954", а также будущие расходы в связи с возвращением на Землю спутников серии "Космос", имеющих на борту ЯИЗ и все еще находящихся на орбите, могут и не быть восприняты во всем мире как перевешивающие получаемые в связи с этим выгоды, в принципе, как представляется, нет оснований считать, чтобы будущие полеты КЛА с ЯИЗ не могли принести позитивных результатов в виде чистой выгоды.

Такой результат может быть достигнут, например, путем возвращения космического объекта на Землю неповрежденным или путем увода такого объекта с околоземной на такую орбиту, что выпадение радиоактивных частиц на Землю могло бы произойти только в самом невероятном случае. Подход, основанный на возвращении объектов на Землю неповрежденными, использовался в случае РТГ: только при невероятных обстоятельствах предполагается какое-либо выпадение на земную поверхность радиоактивных частиц, причем это может ограничиваться относительно небольшим районом, где вполне доступно провести элементарные меры по дезактивации. Рассматривался вопрос обеспечения возвращения на Землю неповрежденным реактора ЯИЗ, однако в связи с этим остаются нерешенными значительные проблемы: возможность его вывода в межпланетное пространство, как представляется, порождает менее трудные проблемы обоснования в связи с использованием реактора ЯИЗ.

4. Обоснование на национальном уровне

Как уже отмечалось ранее, для соблюдения принципа обоснованности также представляется необходимым показать, что выгоды, получаемые каждой страной, достаточны для того, чтобы оправдать риски. Поэтому в этих целях необходимо изучить более подробно каждую категорию проектов.

Наиболее широко распространенным видом применения космической техники является, возможно, область телекоммуникаций. Около 170 стран являются членами Международного союза электросвязи (МСЭ), годовой бюджет которого составляет приблизительно 150 млн. швейцарских франков (таблица 1). Получаемые этими странами от использования такой технологии выгоды, хотя они распределяются и неравномерно, являются весьма значительными, если их оценивать с точки зрения вложений капитала, которые были сочтены оправдывающими такие выгоды. Например, некоторые страны могут эффективно использовать такие возможности, как прямое вещание через спутники, в то время как у других государств отсутствуют инфраструктура и инвестиционные ресурсы для того, чтобы задействовать требующие более существенных затрат области телекоммуникаций. В настоящее время ни на одном из соответствующих спутников не используются ЯИЗ. В то же время, если применение этой технологии будет признано целесообразным, - возможно, для генерирования более мощных сигналов, увеличения числа задействованных каналов, обеспечения более длительного срока эксплуатации, - то чистые позитивные выгоды от ее использования смогут быть, по всей вероятности, продемонстрированы для каждой из стран - членов МСЭ, даже если в конечном итоге будет предусматриваться возвращение в атмосферу (с большой задержкой).

Другой широко распространенной областью применения космической техники является метеорология. Соответственно были созданы возможности для достижения значительного прогресса в том, что касается сбора данных об атмосфере и детализации таких данных, а также надежности составляемых прогнозов погоды. Около 170 стран (таблица 1), в которых имеется около 700 наземных станций для получения спутниковых данных, являются членами Всемирной метеорологической организации (ВМО), годовой бюджет которой составляет 60 млн. швейцарских франков. И в этом случае ЯИЭ, как правило, не используются на метеорологических спутниках, а выгоды от этого вида применения распределяются неравномерно; в то же время с учетом существенных масштабов инвестиций представляется вероятным, что каждая страна - член ВМО придет к выводу о чистых позитивных выгодах использования ЯИЭ, если их применение будет в будущем признано целесообразным по техническим причинам.

В перспективе более трудная ситуация может возникнуть, если ЯИЭ будут использоваться в будущем для мониторинга стихийных бедствий. В исследовании ГЕОВАРН 12/ указывается, что ежегодный ущерб, наносимый мировой экономике стихийными бедствиями, составляет порядка 100 млрд. долларов США. Меры по борьбе с наводнениями, ураганами, засухами, землетрясениями, извержениями вулканов и защиты посевов от болезней или вредителей, а также меры по оказанию помощи в случае этих стихийных бедствий могут, по оценкам, принести выгоды, которые вполне компенсируют глобальный риск использования ЯИЭ на спутниках, предназначенных для получения необходимых данных. В то же время основную часть этих выгод получают лишь около 30 стран, которые указаны в этом исследовании как потенциально наиболее подверженные таким стихийным бедствиям (колонка 6 таблицы 1), в то время как риски будут распределены между многими другими странами, для которых будет трудно найти убедительные доводы, обосновывающие необходимость применения этой технологии.

ЯИЭ широко используются в одной из категорий проектов - в исследованиях солнечной системы. Эти проекты в огромной мере способствовали расширению наших знаний, в особенности об отдаленных планетах, и их реализация была бы невозможной без широкого использования РТГ. Если вслед за этими проектами последуют пилотируемые полеты даже к ближайшим планетам, то, как представляется, вероятнее всего, придется использовать более мощные ядерные реакторы. Глобальное обоснование рисков, связанных с долгосрочными выгодами, ожидаемыми от изучения и освоения космического пространства, в принципе применимо и к национальному уровню при условии, что результаты таких миссий будут публиковаться.

Альтернативный подход к обоснованию риска для отдельных стран, исходя из предположения о том, что в глобальном масштабе риск достаточно обоснован, состоит в использовании аргумента de minimis. В предыдущем документе 7/ было высказано предположение о том, что годовые риски для отдельного человека, составляющие менее 10^{-7} , или для взаимосвязанной группы из N человек, составляющие менее $10^{-7}/\sqrt{N}$, не вызывают большой обеспокоенности и могут не учитываться. Связанные с использованием ЯИЭ радиационные риски на этом уровне не будут ощущаться ни в одной стране и могут быть, таким образом, сочтены приемлемыми. (Напротив, материальные риски, создаваемые крупными осколками возвращающегося в атмосферу мусора, будь то ядерного или нет, могут послужить причиной связываемых с использованием такой технологии смертей).

Применительно к спутникам серии "Космос" с ЯИЭ на борту, которые по-прежнему находятся на орбите, в последней колонке таблицы 1 показывается приблизительное число возвращений в атмосферу в пределах территории каждой страны на основе широтных факторов вероятности входа в атмосферу, приведенных на рис. 2. (Допуска по площади зоны возвращения не делается. Эта площадь может быть значительно меньше, чем в случае с "Космосом-954" благодаря

длительности периода радиоактивного полураспада, однако такая площадь может превышать площадь менее крупных стран и, таким образом, увеличить вероятность того, что затронуты будут именно эти страны). По оценкам, больше возвращений придется на Россию (около 5) и Канаду (приблизительно 2-3), поскольку эти страны занимают обширные территории, расположенные на наиболее вероятной широте возвращения. К странам, для которых вероятность возвращения на их территории составляет где-то 40 процентов и более, относятся Соединенные Штаты Америки, Китай, Бразилия и Австралия, и еще десять стран входят в группу государств, для которых вероятность возвращения на их территории составляет более 10 процентов. Для остальных стран эта вероятность постепенно снижается. Если исходить из предположения о том, что момент возвращения поддается отслеживанию и что операции по очистке территории будут проведены также эффективно, как и в случае с "Космосом-954", то риск для обычного жителя будет, как представляется, ниже разумного уровня *de minimis*. Однако могут возникнуть исключения, связанные с отдаленными сельскими общинами, если крупные высокоактивные компоненты будут обнаружены непрофессионалами.

В связи с запуском к планете Сатурн КА "Кассини", который запланирован на октябрь 1997 года, можно сказать, что, судя по проекту Заявления об экологических последствиях 13/, принцип обоснования риска *de minimis* может быть соблюден. Если принимать во внимание избранную пролетную траекторию с гравитационными маневрами в сфере действия Венеры-Венеры-Земли-Юпитера (VVEJGA) и использование ракеты-носителя "Титан-IV" с модернизированным твердотопливным ракетным двигателем и верхней ступенью "Кентавр", то вероятность послестартового риска непреднамеренного возвращения в ходе маневра с использованием гравитационных сил Земли составит, по оценкам, $7,6 \times 10^{-7}$. Если это произойдет, то количество дополнительных смертей от рака в результате высвобождения плутония-238 из трех установленных на борту РТГ составит, по оценкам, 2 300, причем эти случаи распределятся на несколько десятилетий и на население в 5 млрд. человек. С точки зрения статистики, предстартовая вероятность одного смертного случая представляет собой производное от этих двух факторов и составляет $1,7 \times 10^{-3}$. Средний индивидуальный риск составляет $3,4 \times 10^{-13}$; этот показатель получен с помощью деления на количество подвергаемых риску отдельных лиц. Самый высокий индивидуальный риск, по оценкам, составляет 8×10^{-9} , причем все риски сокращаются приблизительно на два порядка, если не принимать во внимание индивидуальные дозы ниже 10^{-5} Зв. Совершенно очевидно, что общий риск для отдельных лиц будет ниже уровней *de minimis*.

Если резюмировать вышесказанное, то можно привести убедительные доводы для обоснования риска использования ЯИЭ ко многим важным категориям проектов для большинства стран. Для меньшинства стран этот риск, возможно, не будет оправдан по некоторым категориям проектов, поскольку эти страны не получают или практически не получают от них никаких выгод, хотя в большинстве случаев эта проблема могла бы быть устранена, если принять как приемлемый аргумент *de minimis*. В то же время могут возникнуть сложности в связи с приведением доводов в обоснование некоторых категорий проектов.

В завершение обсуждения этих вопросов остается рассмотреть еще одну проблему, связанную с положениями о международной гражданской ответственности, которые могут сыграть полезную роль с точки зрения соблюдения принципа обоснованности.

5. Гражданская ответственность

Соблюдение принципа обоснованности предполагает сопоставление маловероятных последствий с выгодами, которые распространяются на отдаленное

будущее. Совершенно иная ситуация возникает в случае, когда происходит возвращение космического ЯИЭ на поверхность Земли. Здесь могут возникать реальные последствия для людей и окружающей среды в районе падения, а также обусловленные этим вопросы об издержках по очистке территории и восстановительным работам, которые могут быть предъявлены к возмещению.

Первым международным соглашением, регулирующим вопросы ответственности за ядерный ущерб в других странах, стала Парижская конвенция 1960 года 2/, сфера охвата которой была расширена Брюссельской конвенцией 1963 года 3/ и которая была разработана под эгидой Агентства по ядерной энергии ОЭСР в целях содействия международной торговле ядерными материалами. Аналогичное покрытие предусматривается по Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб, разработанной МАГАТЭ 4/. Определенная унификация режимов была установлена с помощью Совместного протокола 1988 года 5/, который обеспечил связь между Парижской и Венской конвенциями, эффективно объединив два свода положений. В то же время все еще продолжается международное обсуждение вопроса о том, достаточно ли адекватно регулируют эти конвенции вопросы, связанные с наземными ЯИЭ 14/, и возникают сомнения относительно того, применима ли какая-либо из них к космической деятельности, причем вопросы, связанные с атомными двигателями, однозначно исключаются в силу положений, касающихся атомных судов. Кроме того, в число стран, не являющихся сторонами этих конвенций, входят Индия, Китай, Россия, Соединенные Штаты, Соединенное Королевство, Украина и Франция. Таким образом, требования о возмещении ущерба, нанесенного в результате возвращения космического ЯИЭ, должны основываться на Конвенции о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами, 1972 года 15/.

Конвенция об ответственности была принята Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций 29 ноября 1971 года и вступила в силу 1 сентября 1972 года. Около 70 стран (по состоянию на март 1994 года) присоединились к Конвенции, сдав ратификационные грамоты или документы о присоединении на хранение государствам-депозитариям (Россия, Соединенное Королевство, Соединенные Штаты Америки), и еще около 30 стран подписали, но пока не ратифицировали Конвенцию. Государства - участники Конвенции договорились о том, что запускающее государство несет абсолютную ответственность за выплату компенсации за ущерб, причиненный его космическим объектом как на поверхности Земли, так и воздушному судну в полете. В Конвенцию включены положения, касающиеся совместных запусков, ущерба, причиненного другому космическому объекту, и несогласия со степенью ответственности. В Конвенции предусмотрены исключения, касающиеся грубой небрежности или бездействия со стороны государства-истца и ущерба, причиненного гражданам запускающего государства или иностранным гражданам, участвующим в запуске.

В общемировом масштабе положения Конвенции об ответственности не помогают обеспечить выполнение принципа обоснованности. Согласно Конвенции, урегулирование претензии сводится лишь к перенесению расходов с одной стороны на другую, при этом комплексные глобальные выгоды не увеличиваются. Что же касается национального обоснования, то положение о компенсации за ущерб, если таковой причиняется, может решающим образом повлиять на обеспечение сбалансированности риска и выгод с точки зрения отдельной страны. Такое положение фактически устраняет знаменатель расходов в национальной формуле, в результате чего любая выгода, какой бы незначительной она ни была, дает чистый позитивный эффект в национальном масштабе.

Остается рассмотреть еще два аспекта, касающихся национального обоснования. Во-первых, по-прежнему представляется необходимым ограничить

степень риска для третьих сторон, даже если гарантируется полная компенсация ущерба. Чрезвычайно тяжелым испытанием может стать смерть человека или телесные повреждения и/или нанесение ущерба собственности в результате падения космического объекта на Землю, и частое повторение таких случаев является недопустимым. Соответствующий степени защиты было бы ограничение риска до минимального уровня в соответствии с упомянутыми выше руководящими принципами МКРЗ. Во-вторых, не совсем ясно, будет ли Конвенция об ответственности применяться в отношении истцов, не являющихся сторонами Конвенции или ратифицировавших Конвенцию лишь после причинения им ущерба в результате вхождения объекта в плотные слои атмосферы. Как представляется, текст Конвенции не исключает ни одной из этих возможностей, однако было бы целесообразным предложить Юридическому подкомитету представить разъяснения по этому вопросу.

6. Выводы

Представляется, что при любом пересмотре принципов безопасного использования ЯИЗ в космическом пространстве в них обязательно должен быть включен принцип обоснования, т.е. требование доказать наличие выгоды для отдельных лиц и общества, достаточной для компенсации присущего этой деятельности риска. Можно вполне обоснованно допустить, что в глобальном масштабе коллективные выгоды для мирового населения от всего комплекса космических полетов - в области телекоммуникаций, метеорологии, наблюдения Земли, научных исследований и освоения космоса - являются достаточными для обоснования совокупного риска, даже если соответствующие спутники используют ЯИЗ, что отнюдь не является повсеместным явлением в настоящее время. За редким исключением все космические полеты отвечают этому условию обеспечения глобальной чистой позитивной выгоды: что касается установленных случаев несоответствия, то в отношении них существует общепризнанная точка зрения.

Как представляется, наряду с глобальным обоснованием необходимо продемонстрировать национальное обоснование по каждой стране, подверженной риску. Представляется маловероятным, что этот критерий для большинства категорий космических полетов будет удовлетворять все страны (неизбежно существуют страны, в которых степень риска значительно перевешивает выгоды), если в Конвенцию об ответственности не будут включены положения, гарантирующие компенсацию риска, или если степень риска не будет достаточно низкой. Выполнение этого последнего условия вряд ли будет связано с какими-то проблемами, и его в любом случае желательно сохранить для устранения любых трудностей, отмеченных выше в связи с неодинаковостью выгоды для отдельных стран. Тем не менее следует передать на рассмотрение Юридического подкомитета вопрос о применении Конвенции об ответственности к странам, не являющимся сторонами Конвенции или ратифицировавшим Конвенцию после причинения им ущерба от находящегося в космосе ЯИЗ.

По-прежнему предстоит рассмотреть вопрос о международном одобрении практики обоснования будущих космических полетов с использованием космических ЯИЗ. Предлагается, что до тех пор, пока режим безопасного использования космических ЯИЗ не будет согласован на международном уровне ^{1/}, следует до запуска объекта представлять Научно-техническому подкомитету обоснование будущих полетов с использованием космических ядерных источников энергии, в количественном отношении подтверждающих наличие чистой позитивной выгоды.

Рис. 1. Распределение наклонений орбит каталогизированных объектов

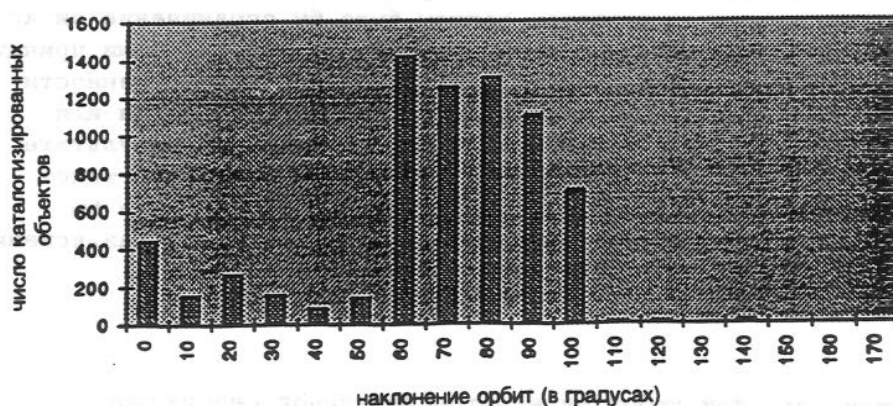


Рис. 2. Вероятность широтного разброса для существующих спутников с ЯИЗ при возвращении на Землю

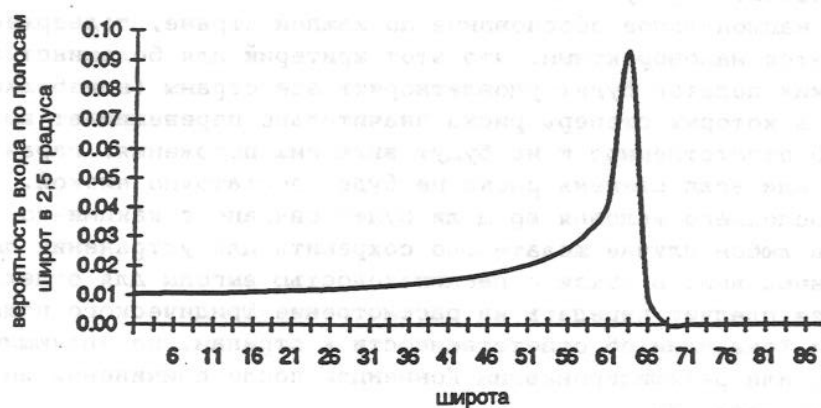


Таблица 1

Государства - члены международных организаций, осуществляющие космическую деятельность и деятельность, связанную с использованием ядерной энергии, и приблизительная степень риска для них при возвращении ЯИЗ

Страна	Население (млн.) (г)	Площадь 10^3 км^2 (г)	МСЗ (г)	ВМО (г)	ГЕО ВАРН (г)	МАГАТЭ (г)	Число возвращенной ЯИЗ, установленных на спутниках "Космос" (г)	Страна	Население (млн.) (г)	Площадь 10^3 км^2 (г)	МСЗ (г)	ВМО (г)	ГЕО ВАРН (г)	МАГАТЭ (г)	Число возвращенной ЯИЗ, установленных на спутниках "Космос" (г)
Afghanistan	16.40	652.00	✓	✓		✓	0.041728	Greece	10.30	132.00	✓	✓		✓	0.009900
Albania	3.30	29.00	✓	✓		✓	0.002378	Greenland	0.06	2175.00					0.304500
Algeria	25.00	2382.00	✓	✓	✓	✓	0.135774	Grenada	0.11	0.30	✓				0.000013
Angola	10.00	1247.00	✓	✓	✓		0.054868	Guatemala	9.20	109.00	✓	✓	✓	✓	0.005014
Antigua-Barb.	0.08	0.40	✓	✓			0.000019	Guinea	5.80	246.00	✓	✓			0.010578
Argentina	32.60	2767.00	✓	✓	✓		0.190923	Guinea-Bis.	0.96	34.00	✓	✓			0.001496
Armenia	3.30	30.00	✓	✓		✓	0.002340	Guyana	0.99	212.00	✓	✓			0.009116
Australia	17.10	7687.00	✓	✓		✓	0.407411	Haiti	6.50	28.00	✓	✓		✓	0.001344
Austria	7.80	84.00	✓	✓		✓	0.008820	Holy See	0.00	0.00	✓			✓	0.000000
Azerbaijan	7.00	87.00	✓	✓			0.006786	Honduras	5.10	112.00	✓	✓			0.005040
Bahamas	0.25	11.00	✓	✓			0.000484	Hungary	10.30	93.00	✓	✓		✓	0.009765
Bahrain	0.50	0.60	✓	✓			0.000032	Iceland	0.26	101.00	✓	✓		✓	0.045450
Bangladesh	109.30	144.00	✓	✓	✓	✓	0.007344	India	843.90	3288.00	✓	✓		✓	0.164400
Barbados	0.26	0.40	✓	✓			0.000018	Indonesia	179.30	1905.00	✓	✓		✓	0.081915
Belarus	10.20	208.00	✓	✓		✓	0.035360	Iran	58.00	1648.00	✓	✓		✓	0.088992
Belgium	9.80	31.00	✓	✓		✓	0.003875	Iraq	18.90	438.00	✓	✓		✓	0.028032
Belize	0.19	23.00	✓	✓			0.001058	Ireland	3.50	70.00	✓	✓		✓	0.010850
Benin	4.70	113.00	✓	✓	✓		0.004859	Israel	4.80	21.00	✓	✓		✓	0.001281
Bhutan	1.50	47.00	✓				0.002632	Italy	57.70	301.00	✓	✓		✓	0.027090
Bolivia	7.40	1099.00	✓	✓			0.051653	Jamaica	2.40	11.00	✓	✓	✓	✓	0.000517
Botswana	1.30	582.00	✓	✓			0.029100	Japan	123.60	378.00	✓	✓		✓	0.028350
Brazil	153.30	8512.00	✓	✓			0.425600	Jordan	3.20	89.00	✓	✓		✓	0.005340
Burkina Faso	9.00	274.00	✓	✓			0.000252	Kazakhstan	16.70	2717.00	✓	✓		✓	0.326040
Burundi	5.50	28.00	✓	✓			0.009435	Kenya	24.00	580.00	✓	✓		✓	0.024360
Cambodia	8.70	181.00	✓	✓		✓	0.012056	Kiribati	0.06	0.70	✓			✓	0.000029
Cameroon	11.80	475.00	✓	✓		✓	0.001176	Korea DPR	21.80	120.00	✓	✓		✓	0.009240
Canada	26.80	9976.00	✓	✓			0.007964	Korea Rep.	43.30	99.00	✓	✓		✓	0.006831
Cape Verde	0.37	4.00	✓	✓			0.020425	Kuwait	2.60	18.00	✓	✓		✓	0.001026
Cent.Afr.Rep.	3.00	623.00	✓	✓			2.663592	Kyrgyzstan	4.40	199.00	✓	✓		✓	0.016716
Chad	5.70	1284.00	✓	✓	✓		0.000184	Lao	4.10	237.00	✓	✓		✓	0.011139
Chile	13.40	757.00	✓	✓	✓		0.026789	Latvia	2.70	65.00	✓	✓		✓	0.013650
China	#####	9561.00	✓	✓		✓	0.059064	Lebanon	3.20	10.00	✓	✓		✓	0.000640
Colombia	33.00	1139.00	✓	✓	✓		0.062831	Lesotho	1.80	30.00	✓	✓		✓	0.004773
Comoros	0.55	2.00	✓	✓	✓		0.640587	Liberia	2.60	111.00	✓	✓		✓	0.004773
Congo	2.30	342.00	✓	✓	✓		0.048977	Libya	4.50	1760.00	✓	✓		✓	0.095040
Costa Rica	3.00	51.00	✓	✓		✓	0.000088	Liechtenstein	0.03	0.16	✓			✓	0.000017
Cote d'Ivoire	12.00	322.00	✓	✓		✓	0.014364	Lithuania	3.70	65.00	✓	✓		✓	0.011700
Croatia	4.70	56.00	✓	✓		✓	0.002244	Luxembourg	0.38	2.00	✓	✓		✓	0.000240
Cuba	10.60	113.00	✓	✓	✓	✓	0.013846	Macedonia	2.20	25.00	✓	✓		✓	0.002075
Cyprus	0.71	9.00	✓	✓		✓	0.005320	Madagascar	11.20	587.00	✓	✓		✓	0.028176
Czech Rep.	10.40	78.00	✓	✓		✓	0.005537	Malawi	8.60	118.00	✓	✓		✓	0.005310
Denmark	5.10	43.00	✓	✓		✓	0.000603	Malaysia	17.90	330.00	✓	✓		✓	0.013860
Djibouti	0.41	23.00	✓	✓			0.009360	Maldives	0.21	0.30	✓	✓		✓	0.000013
Dominica	0.08	0.70	✓	✓			0.008170	Mali	8.10	1240.00	✓	✓	✓	✓	0.058280
Dom. Rep.	7.20	49.00	✓	✓		✓	0.001012	Malta	0.36	0.30	✓	✓		✓	0.000021
Egypt	57.00	1001.00	✓	✓		✓	0.000032	Marshall Is.	0.04	0.20	✓			✓	0.000009
El Salvador	5.30	21.00	✓	✓		✓	0.002352	Mauritania	2.00	1026.00	✓	✓	✓	✓	0.050274
Ecuador	10.80	284.00	✓	✓	✓	✓	0.055055	Mauritius	1.10	2.00	✓	✓		✓	0.000096
Eq. Guinea	0.35	2.00	✓	✓		✓	0.000945	Mexico	81.10	1958.00	✓	✓		✓	0.097900
Estonia	1.60	45.00	✓	✓		✓	0.011928	Moldova	4.40	34.00	✓	✓		✓	0.003570
Ethiopia	50.80	1222.00	✓	✓	✓	✓	0.000086	Monaco	0.03	0.00	✓			✓	0.000000
Fiji	0.77	18.00	✓	✓	✓		0.009900	Mongolia	2.10	1565.00	✓	✓		✓	0.162760
Finland	5.00	338.00	✓	✓		✓	0.053768	Morocco	25.10	447.00	✓	✓		✓	0.027267
France	56.60	552.00	✓	✓		✓	0.000828	Mozambique	15.70	802.00	✓	✓	✓	✓	0.037694
Gabon	1.20	268.00	✓	✓		✓	0.084500	Myanmar	39.30	677.00	✓	✓		✓	0.032496
Gambia	0.86	10.00	✓	✓			0.056304	Namibia	1.80	824.00	✓	✓		✓	0.042024
Georgia	5.40	70.00	✓	✓		✓	0.011256	Nauru	0.01	0.02	✓			✓	0.000001
Germany	78.50	357.00	✓	✓	✓	✓	0.000450	Nepal	18.90	141.00	✓	✓	✓	✓	0.007896
Ghana	15.00	239.00	✓	✓	✓	✓	0.005950	Netherlands	15.00	37.00	✓	✓		✓	0.005180
							0.046410	New Zealand	3.40	269.00	✓	✓		✓	0.020982
							0.010277	Nicaragua	3.90	130.00	✓	✓		✓	0.005720

Таблица 2 (продолжение)

Страна	Население (млн.) (3)	Площадь 10 ³ км ² (4)	МСЗ (5)	ВМО (6)	ГЕО ВАРН (7)	МАГАТЭ (8)	Число возвращенной ЯИЗ, установленных на спутниках "Космос" (9)	Страна	Население (млн.) (3)	Площадь 10 ³ км ² (4)	МСЗ (5)	ВМО (6)	ГЕО ВАРН (7)	МАГАТЭ (8)	Число возвращенной ЯИЗ, установленных на спутниках "Космос" (9)
Niger	7.70	1267.00	✓	✓	✓	✓	0.059549	St Vincent	0.11	0.40	✓				0.000018
Nigeria	108.50	924.00	✓	✓	✓	✓	0.040656	Sudan	25.20	2506.00	✓	✓	✓	✓	0.112770
Norway	4.20	324.00	✓	✓	✓	✓	0.097200	Surinam	0.42	141.00	✓	✓			0.005922
Oman	2.00	212.00	✓	✓			0.010176	Swaziland	0.77	17.00	✓	✓			0.000918
Pakistan	112.00	796.00	✓	✓		✓	0.046168	Sweden	8.60	450.00	✓	✓		✓	0.193500
Panama	2.50	77.00	✓	✓		✓	0.003311	Switzerland	6.70	41.00	✓	✓		✓	0.004223
Pap.Nw.Guin.	3.70	463.00	✓	✓			0.020835	Syria	12.10	185.00	✓	✓		✓	0.012210
Paraguay	4.30	407.00	✓	✓		✓	0.020757	Taiwan	19.70	36.00				✓	0.001836
Peru	22.30	1285.00	✓	✓		✓	0.055255	Tajikistan	5.20	143.00		✓			0.011154
Philippines	62.90	300.00	✓	✓	✓	✓	0.013200	Tanzania	25.60	945.00	✓	✓		✓	0.040635
Poland	38.20	313.00	✓	✓	✓	✓	0.043820	Thailand	54.50	513.00	✓	✓		✓	0.023598
Portugal	10.50	92.00	✓	✓		✓	0.007084	Togo	3.50	57.00	✓	✓	✓		0.002451
Puerto Rico	3.60	9.00					0.000423	Tonga	0.09	0.10	✓				0.000005
Qatar	0.37	22.00	✓	✓		✓	0.001144	Trinidad-Tob.	1.20	5.00	✓	✓			0.0000220
Romania	23.20	238.00	✓	✓	✓	✓	0.023800	Tunisia	8.20	164.00	✓	✓		✓	0.010496
Russia	148.10	17075.00	✓	✓		✓	4.951750	Turkey	58.70	779.00	✓	✓		✓	0.056088
Rwanda	7.20	26.00	✓	✓			0.001092	Turkmenistan	3.60	488.00					0.035624
Samoa	0.17	0.20	✓				0.000009	Uganda	16.60	236.00	✓	✓		✓	0.009912
San Marino	0.02	0.06	✓				0.000005	UK	55.50	245.00	✓	✓		✓	0.051450
Sao Tome-Pr.	0.12	1.00	✓	✓			0.000042	Ukraine	51.80	604.00	✓	✓		✓	0.069460
Saudi Arabia	10.50	2150.00	✓	✓	✓	✓	0.109650	U.A.E.	1.60	84.00	✓	✓		✓	0.004284
Senegal	7.30	197.00	✓	✓		✓	0.009062	Uruguay	3.10	177.00	✓	✓		✓	0.010974
Seychelles	0.07	0.40					0.000017	USA	248.70	9373.00	✓	✓		✓	0.712348
Sierra Leone	4.20	72.00	✓	✓		✓	0.003096	Uzbekistan	20.30	447.00	✓	✓		✓	0.036207
Singapore	3.00	1.00	✓	✓		✓	0.000042	Vanuatu	0.15	15.00	✓	✓	✓		0.000690
Slovakia	5.30	49.00	✓			✓	0.005880	Venezuela	19.70	912.00	✓	✓		✓	0.039216
Slovenia	1.90	20.00	✓	✓		✓	0.002000	Vietnam	66.20	330.00	✓	✓	✓	✓	0.014850
Solomon Is.	0.32	30.00	✓	✓			0.001290	Yemen	12.00	528.00	✓	✓		✓	0.024288
Somalia	7.50	638.00	✓	✓	✓		0.027434	Yugoslavia	12.50	127.00	✓	✓		✓	0.011430
South Africa	35.30	1221.00	✓	s		✓	0.068376	Zaire	35.60	2345.00	✓	✓		✓	0.100835
Spain	39.00	505.00	✓	✓		✓	0.042925	Zambia	7.80	753.00	✓	✓		✓	0.033885
Sri Lanka	17.00	66.00	✓	✓		✓	0.002838	Zimbabwe	9.40	391.00	✓	✓		✓	0.018377
Swaziland	0.15	0.60	✓	✓			0.000027								14.659533

Примечания:

- 1) Численность населения по данным 1989-1991 годов.
- 2) Страны, являющиеся членами Международного союза электросвязи по состоянию на 31 августа 1992 года.
- 3) Страны, являющиеся членами Всемирной метеорологической организации по состоянию на 14 января 1993 года: s - членство приостановлено.
- 4) Основные потенциальные пользователи, определенные в исследовании ГЕОВАРН.
- 5) Государства-члены по состоянию на сентябрь 1994 года.
- 6) Приблизительное 45 находящийся в настоящее время на орбите ЯИЗ, которые войдут в плотные слои атмосферы на широте и в пределах соответствующей страны (см. текст).

Источники

- 1 Principles relevant to the use of nuclear power sources in outer space, resolution to the UN General Assembly, A/SPC/47/L6, 28 October 1992.
- 2 Paris Convention on third party liability in the field of nuclear energy of the 29 July 1960, as amended by the Additional Protocol of 28 January 1964 and by the Protocol of 16 November 1982, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1989.
- 3 Brussels Convention of 31 January 1963 supplementary to the Paris Convention of 29 July 1960 as amended, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1989.
- 4 The Vienna Convention on civil liability for nuclear damage of 21 May 1963, IAEA, Vienna.
- 5 Joint Protocol of 21 September 1988, rationalising the provisions of the 1960 Paris Convention as amended and the 1963 Vienna Convention, IAEA, Vienna.
- 6 Convention on nuclear safety of 17 June 1994, IAEA Infirc/449, 5 July 1994
- 7 Revising the safety principles for nuclear power sources in space, working paper submitted to the UNCOPUOS S&T Subcommittee by the United Kingdom, A/AC.105/C.1.L.192, 21 February 1994.
- 8 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 60, Annals of the ICRP 21, No. 1-3, Pergamon Press, 1991.
- 9 The safety of nuclear installations, Safety Series No. 110, IAEA, Vienna 1993.
- 10 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 26, Annals of the ICRP 1, No. 3, Pergamon Press 1971.
- 11 Cosmos 954: the occurrence and nature of recovered debris, AECL INFO-0006, May 1980.
- 12 GEOWARN - Global emergency observation and warning, project report, International Space University, Alabama, 1994.
- 13 Draft environmental impact statement for the Cassini mission, NASA, October 1994.
- 14 Outlook on international nuclear liability, Nucleonics Week 35, No. 39 suppl., 29 September 1994.
- 15 Convention on international liability for damage caused by space objects of 29 March 1972, UN A/AC.105/572 Vienna 1994.

