



**Комитет по использованию космического  
пространства в мирных целях**  
Научно-технический подкомитет  
Пятьдесят девятая сессия  
Вена, 7–18 февраля 2022 года  
Пункт 8 предварительной повестки дня\*  
Космический мусор

**Исследования, касающиеся космического мусора,  
безопасного использования космических объектов  
с ядерными источниками энергии на борту и проблем  
их столкновений с космическим мусором**

Записка Секретариата

**I. Введение**

1. На своей пятьдесят восьмой сессии Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях постановил, что следует и далее предлагать государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя при Комитете, представлять сведения об исследованиях, посвященных космическому мусору, безопасности космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, проблемам столкновения таких объектов с космическим мусором, а также мерам, принимаемым для осуществления на практике руководящих принципов предупреждения образования космического мусора (см. [A/AC.105/1240](#), п. 109). В этой связи государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя, была направлена нота от 11 августа 2021 года с предложением представить сообщения до 11 ноября 2021 года, с тем чтобы полученная информация могла быть представлена Подкомитету на его пятьдесят девятой сессии.

2. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от пяти государств-членов, а именно от Австрии, Бразилии, Германии, Индии и Японии, а также от Международного агентства по атомной энергии и организации «КАНЕУС Интернэшнл». Поступившая от Японии и «КАНЕУС Интернэшнл» дополнительная информация, в том числе диаграммы, касающиеся проблемы космического мусора, будет представлена в качестве документа зала заседаний на пятьдесят девятой сессии Подкомитета.

\* [A/AC.105/C.1/L.392](#).



## II. Ответы, полученные от государств-членов

### Австрия

[Подлинный текст на английском языке]  
[27 октября 2021 года]

Станция спутниковой лазерной телеметрии (SLR) Института космических исследований Австрийской академии наук одной из первых стала выполнять задачи отслеживания космического мусора. Лазер мощностью 16 Вт позволяет обнаруживать диффузное отражение отработавших спутников или корпусов ракет и рассчитывать расстояние с точностью приблизительно до 1 м. При лазерном определении расстояния до фрагментов космического мусора в бистатическом или мультистатическом режиме на станции SLR в Граце запускается активный лазерный дальномер для локации космического мусора, а одна или несколько (пассивных) станций SLR в Европе фиксируют отраженные фотоны. Подобные измерения способны еще более повысить точность прогнозирования орбиты. В ходе экспериментов по наблюдению и отслеживанию можно визуально обнаружить космические объекты с неизвестными орбитами, рассчитать орбиту по линиям визирования и измерить расстояние до объекта за одно прохождение. Параллельно с лазерным определением расстояния до фрагментов космического мусора производится и однофотонная регистрация кривых блеска для солнечного света, отраженного от объектов космического мусора. На основе лазерной дальнометрии и данных кривых блеска можно сделать важные выводы об оси и периоде вращения. В 2020 году станция SLR в Граце стала первой станцией, успешно измерившей расстояние до объектов космического мусора в дневное время путем визуализации объектов на фоне голубого неба.

### Бразилия

[Подлинный текст на английском языке]  
[18 октября 2021 года]

Шестнадцатого августа 2021 года Бразилия стала наблюдателем при Межагентском координационном комитете по космическому мусору (МККМ), члены которого обмениваются информацией об исследованиях по проблеме космического мусора, способствуют созданию условий для сотрудничества в исследованиях по проблеме космического мусора, анализируют прогресс осуществляемых совместных мероприятий и изучают возможности снижения засорения космического пространства. Страна получила возможность регулярно участвовать в совещаниях, организуемых двумя рабочими группами МККМ (рабочей группы 2 по засоренности и базе данных и рабочей группы 4 по предупреждению образования космического мусора), в течение двух лет. Однако Бразильское космическое агентство еще не представило список с именами ученых/экспертов страны, назначенных для участия в деятельности этих рабочих групп, и по-прежнему не является членом МККМ. Агентство еще имеет возможность направить такой список для обеспечения участия экспертов в следующем полноценном совещании МККМ, которое планируется провести 6–10 июня 2022 года в Республике Корея.

### Германия

[Подлинный текст на английском языке]  
[28 октября 2021 года]

В Германии научно-исследовательская деятельность по вопросам, связанным с космическим мусором, проводится во всех соответствующих областях. Она включает моделирование засоренности космического пространства,

наблюдение за космическим мусором, разработку технологий для наблюдений, изучение последствий высокоскоростных соударений для космических аппаратов, защиту космических систем от соударений с микрометеоритами и космическим мусором, а также разработку технологий для прекращения существования космических аппаратов. Немецкие эксперты принимают активное участие в профильных международных форумах, посвященных исследованиям в области космического мусора и безопасности в космосе, в частности в работе Межагентского координационного комитета по космическому мусору и Международной академии астронавтики, в деятельности по разработке международных стандартов в области космического мусора, а в последнее время также в работе, связанной с различными аспектами управления космическим движением. Представители промышленности и научной общественности Германии также участвуют в разработке технологий в целях содействия долгосрочному устойчивому использованию космического пространства и защите Земли.

Недавно Германское космическое агентство, входящее в состав Германского аэрокосмического центра (ДЛР), начало реализацию инициативы по повышению эффективности предупреждения образования космического мусора в рамках проектов запусков малых спутников, осуществляемых университетами и исследовательскими институтами при поддержке ДЛР. Благодаря изменениям во внутренних процедурах Германского космического агентства обеспечивается обязательное выполнение установленных ДЛР требований, касающихся предупреждения образования космического мусора, в рамках исследовательских грантов, выделяемых на запуски космических аппаратов. Кроме того, был установлен непрерывный диалог с немецкими университетами по линии инициативы по разработке малых спутников. Цель диалога состоит в поддержании высокого уровня устойчивости быстро развивающейся космической деятельности в университетах и содействии обмену знаниями и передовой практикой в университетской среде. Германское космическое агентство оказывает поддержку текущим проектам, организует онлайн-вые экспертные практикумы по тематике предупреждения образования космического мусора и проводит опрос о деятельности, связанной с запусками космических аппаратов, в университетах Германии. Первые результаты этого опроса, как ожидается, появятся в конце 2021 года.

### **Измерения**

Для формирования национального потенциала в области наблюдения за космосом необходимо разрабатывать технические средства для получения и использования данных измерительной аппаратуры, которые, например, позволят вести каталог космических объектов или определять параметры орбит. Такой каталог объектов является основой для операций по обеспечению осведомленности об обстановке в космосе. Соответственно, Германское космическое агентство в рамках национальной космической программы при финансовой поддержке Федерального министерства экономики и энергетики Германии инициировало разработку Германского экспериментального радара для космических наблюдений и сопровождения (GESTRA), которой занимался Институт физики высоких частот и радиолокационных методов общества Фраунгофера. Это экспериментальная система для наблюдения и определения орбитальных параметров объектов, находящихся на низких околоземных орбитах. В 2020 году две кабины радара были перевезены и введены в эксплуатацию на рабочей площадке, где были проведены дальнейшие мероприятия по интеграции, испытаниям и проверке. Управление системой может осуществляться полностью дистанционно из Германского центра ситуационной оценки обстановки в космосе (ГЦСООК). GESTRA будет также служить экспериментальной платформой для радиолокации в бистатическом и мультистатическом режимах и предоставлять данные исследовательским институтам в Германии для проведения дальнейших исследований в этой области.

Для хранения результатов измерений, полученных консорциумом Европейского союза по космическим наблюдениям и сопровождению (КНС ЕС), и обмена ими была разработана база данных, поддержанием и обеспечением функционирования которой с 2019 года занимается ГЦСООК и которая служит для КНС ЕС основной платформой для обмена данными. В качестве второго шага на основе этой базы данных началась разработка европейского исходного каталога.

Было определено множество вариантов для повышения эффективности измерений космического мусора с использованием наземных радаров. Одним из вариантов является использование для наблюдения нескольких радаров, расположенных в разных местах и работающих в бистатических и мультистатических конфигурациях. Ожидается, что такая сеть радаров позволит не только увеличить размеры зоны наблюдения, но и повысить точность измерений отдельных объектов. В настоящее время два института общества Фраунгофера проводят совместное исследование по дальнейшему анализу таких режимов работы.

Для измерений используется также сеть оптических телескопов, получившая название «Сеть роботизированных малосветосильных телескопов» (SMARTnet), в которую в настоящее время входит пять оснащенных телескопами станции. Эти станции расположены в Швейцарии, Соединенных Штатах Америки, Испании, Южной Африке и Австралии; ДЛР управляет станциями, расположенными в Южной Африке и Австралии. Сеть формируется ДЛР в тесном сотрудничестве с Астрономическим институтом Бернского университета (Швейцария). На станциях расположено несколько телескопов с апертурой от 14 до 80 см. Сеть осуществляет мониторинг геостационарной зоны и соответствующих орбит в целях содействия проведению исследований в области предотвращения столкновений и в других научных областях, получая данные по объектам размером более 30 см, находящимся на геосинхронных орбитах. Уже зафиксированы объекты со звездной величиной менее 18,5, определено их местоположение и рассчитаны их орбиты. Удастся также безошибочно выявлять спутники, объединенные в группировки.

ДЛР также реализует проект по разработке информационной системы, центральное место в котором занимает создание базового каталога реляционной информации по космическому мусору — базы орбитальных данных по объектам на околоземных орбитах. В настоящее время полноценно действуют такие основные функции, как соотнесение объектов с использованием данных наблюдений, полученных с разных детекторных устройств (например, SMARTnet), т. е. исходных данных, которые обрабатываются системой, а также определение и дальнейший расчет орбит. Система может обрабатывать данные различных типов, включая радиолокационные, оптические и полученные с помощью спутниковой лазерной дальнометрии (SLR). Различные входные данные также могут объединяться и комбинироваться по объектам для более качественного определения параметров орбиты. Кроме того, в настоящее время ведется разработка алгоритма полной проверки для обнаружения опасного сближения объектов. Все алгоритмы программируются таким образом, чтобы в реальном режиме времени могли обрабатываться данные наблюдения до 100 тыс. объектов. В настоящее время ведутся исследования по таким направлениям, как сличение погрешностей различных пропагаторов орбит, например цифровых и полуцифровых, а также осуществление оптимального планирования на основе базы данных, с тем чтобы детекторные устройства выдавали данные по всем объектам с установленной степенью точности.

Еще один проект, реализуемый в Брауншвейгском техническом университете, направлен на оценку основных функциональных областей системы обеспечения осведомленности об обстановке в космосе. Основная задача этого проекта заключается в изучении пригодности отдельных методов определения параметров орбиты. С этой целью устанавливаются критерии качества для каталога орбитальных данных. Качество созданного каталога будет оцениваться с помощью большого числа симуляций.

ДЛР установил на юге Германии большой телескоп Ритчи-Кретьена диаметром 1,75 м для наблюдения за малыми объектами космического мусора размером в несколько сантиметров и их анализа. Телескоп оснащен четырьмя фокусами Несмита и фокусом куде. Кроме того, он может использоваться в качестве лазерного передатчика или приемника фотонов при лазерной дальнометрии в бистатическом режиме. В целом этот телескоп служит платформой для разработки новых и инновационных лазерных оптических технологий, которые будут применяться для обеспечения космической безопасности на всех околоземных орбитах, включая высотный диапазон очень низких околоземных орбит. Главным критерием применения той или иной лазерной технологии будет безопасная для глаз длина волны излучения лазера.

В ДЛР была разработана сверхкомпактная, автоматически управляемая система спутниковой лазерной дальнометрии, обеспечивающая точность данных о местоположении спутников, оснащенных ретрорефлекторами, до нескольких сантиметров. Такие данные применяются во множестве областей, связанных с геодезией, наблюдением Земли, эксплуатацией спутников и отслеживанием отработавших спутников. Была разработана конструкция соответствующего орбитального компонента — атермического керамического ретрорефлектора, который может использоваться операторами спутников для лазерного мониторинга космического движения.

Что касается частиц космического мусора очень малого размера, то Институт динамики быстропротекающих процессов общества Фраунгофера (Институт им. Эрнста Маха), разрабатывает по поручению Европейского космического агентства (ЕКА) концепцию интегрированного датчика соударений низкой ресурсоемкости. Подобные датчики прямого действия необходимы для сбора данных на орбите о частицах космического мусора размером менее 0,1 мм, т. е. о частицах, которые могут оказывать значительное влияние на космические системы, но которые трудно наблюдать с Земли.

### **Моделирование и оценка орбитальных и наземных рисков**

Брауншвейгский технический университет реализует проект, основная цель которого — содействие в создании системы рейтинга устойчивого использования космической среды с учетом растущей вероятности столкновений на низких околоземных орбитах. Подобные исследования особенно актуальны в настоящее время, так как действующие меры по предотвращению образования космического мусора не рассчитаны на управление чрезвычайно большим числом объектов, ожидаемых в связи с созданием мегагруппировок.

Благодаря работе Института им. Эрнста Маха Германия вносит значительный вклад в исследование последствий столкновений на орбите и воздействия космического мусора. Проводится экспериментальное моделирование высокоскоростных соударений с использованием легкогазовых ускорителей и высокоскоростной диагностики с учетом текущих ограничений наземных испытаний. Недавно были проведены испытания компонентов космического аппарата, таких как конструкции из пластика, армированного углеродным волокном, прозрачные материалы, емкости высокого давления и топливные элементы для увода с орбиты, не только в целях оценки последствий повреждений и количественных значений проектных пределов, но и в целях создания моделей для оценки последствий соударений с объектами космического мусора на системном уровне. Эксперименты по изучению соударений, проводимые в основном в рамках соглашения с ЕКА, дополняются численным моделированием для расширения диапазона параметров условий столкновений и проведения численных экспериментов на уровне космического аппарата. В Институте им. Эрнста Маха разрабатываются и применяются специализированные гидрокоды и методы дискретных элементов для комплексного моделирования высокоскоростных столкновений. В качестве примера последнего можно привести текущий проект DEM-O, реализуемый при поддержке Германского космического агентства. Этот проект демонстрирует пригодность метода дискретных элементов для моделирования

высокоскоростных соударений. С помощью моделей на основе частиц можно точно моделировать сценарии высокоскоростных соударений, в частности фрагментацию в результате таких соударений. Дискретный характер этого метода обеспечивает его явное преимущество перед традиционными гидрокодами при моделировании фрагментации и разрушения спутника на орбите. В настоящее время основное внимание уделяется совершенствованию моделирования вторичных воздействий, которым подвергается спутник сразу после высокоскоростного удара.

В последнее десятилетие существенно возросла обеспокоенность по поводу наземных рисков, создаваемых фрагментами космических аппаратов, которые не разрушаются при возвращении в атмосферу, поэтому космическое сообщество активизировало деятельность по таким направлениям, как разработка, совершенствование и проверка средств моделирования возвращения в атмосферу и проведение исследований в области проектирования с расчетом на разрушение. Цель работы по первому направлению заключается в повышении достоверности численного прогнозирования рисков, связанных с возвращением в атмосферу, а по второму — в разработке новых методов проектирования космических аппаратов, способных значительно повысить вероятность их разрушения.

Одним из основных недостатков используемых в настоящее время инструментов моделирования возвращения в атмосферу является игнорирование термомеханической фрагментации, т. е. разрушения возвращающихся объектов до достижения состояния плавления в местах соединения конструктивных элементов. Эта тема стала предметом недавнего исследования в рамках сотрудничества между научной общественностью и промышленными кругами, а именно между Институтом космических систем Штутгартского университета (ИКС) и компанией Hypersonic Technology Göttingen GmbH (HTG). Компания HTG разработала и внедрила новую модель термомеханической фрагментации для средств анализа возвращения в атмосферу. В ИКС была изобретена совершенно новая установка для проведения испытаний в плазменной аэродинамической трубе с контролируемыми дополнительными механическими нагрузками. Данные этих новых экспериментов были проанализированы с использованием новейших диагностических возможностей ИКС (фотограмметрия, эшелле-спектроскопия), чтобы получить представление о процессах разрушения с учетом термомеханических нагрузок. Новый метод на основе конечных элементов, разработанный HTG, может открыть путь для использования данных всестороннего термомеханического анализа при программировании анализа возвращения в атмосферу. Результаты испытаний показывают, что для получения достоверных результатов моделирования возвращения в атмосферу необходимо учитывать сильное взаимодействие между механическими и тепловыми нагрузками.

Еще одно исследование, проводимое в Брауншвейгском техническом университете, направлено на изучение потенциальной научной состоятельности первичного анализа случаев фрагментации на околоземной орбите вскоре после их обнаружения. Особое значение имеет число образовавшихся объектов определенного размера и распределение частиц мусора по другим орбитам. Это повышает риск столкновения для активных объектов в соответствующих областях орбит, в связи с чем представляет интерес оценка рисков и их изменение во времени, т. е. на протяжении всего времени существования частиц, образующихся при фрагментации. Цель этого проекта состоит в разработке методологии научного анализа каждого нового случая фрагментации сразу после того, как о нем становится известно, и оценки связанных с ним рисков.

## Индия

[Подлинный текст на английском языке]  
[31 октября 2021 года]

Индийская организация космических исследований (ИСРО) приступила к осуществлению проектов по созданию центров наблюдения, предназначенных специально для отслеживания космических объектов и наблюдения за ними. В рамках проекта «Сеть по отслеживанию и анализу космических объектов» (НЕТРА) будут сооружены радиолокационная установка и оптический телескоп для отслеживания объектов на низкой околоземной орбите и объектов на геосинхронной околоземной орбите, соответственно. Помимо этого, для наблюдения за космическим мусором на низкой околоземной орбите и на геосинхронной околоземной орбите будут использоваться существующие объекты, такие как, соответственно, радиолокаторы многоцелевого сопровождения в Шрихарикоте и телескопы, установка которых планируется в рамках инициативы по спутниковой фотометрии, лазерной дальнометрии и оптической связи.

ИСРО проводит исследования для улучшения прогнозирования возвращения космических объектов в атмосферу, а также по моделированию и анализу фрагментации при входе в атмосферу. ИСРО активно участвует в организуемых Межагентским координационным комитетом по космическому мусору ежегодных мероприятиях по прогнозированию возвращения объектов в атмосферу. Ведется работа по дальнейшему совершенствованию существующих методологий предотвращения столкновений космических средств с космическим мусором, например анализ сближения космических объектов и анализ в целях предотвращения столкновений при запуске.

В рамках проекта НЕТРА создан центр контроля для обработки данных наблюдений из разных обсерваторий в целях формирования национального каталога космического мусора. Планируется установить в центре контроля специальное оборудование для проведения исследований, связанных с космическим мусором.

В настоящее время у ИСРО нет космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, которые представляли бы угрозу безопасности в космическом пространстве. Если в будущем будет планироваться запуск подобного объекта, ИСРО будет решать вопросы безопасности в соответствии с признанными на международном уровне руководящими принципами.

## Япония

[Подлинный текст на английском языке]  
[29 октября 2021 года]

### Общий обзор

В соответствии с просьбой Управления по вопросам космического пространства в этом сообщении представляется информация о деятельности по тематике космического мусора, осуществляемой в основном Японским агентством аэрокосмических исследований (ДЖАКСА).

В 2019 и 2020 годах ДЖАКСА осуществляла деятельность, связанную с космическим мусором, по следующим направлениям:

- a) оценка сближений и исследования, касающиеся основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе;
- b) исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной и геосинхронной орбитах и определения их орбит;
- c) система непосредственного измерения микрофрагментов мусора;

- d) разработка композитного топливного бака;
- e) активное удаление мусора.

Более подробная информация представлена в разделах ниже.

### **Текущая ситуация**

#### **Результаты оценки сближений и исследования, касающиеся основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе**

ДЖАКСА регулярно получает уведомления о сближениях от Центра совместных космических операций (ЦСКО). В 2020 году ДЖАКСА выполнило два маневра уклонения низкоорбитальных космических аппаратов от фрагментов мусора. В 2020 году было выполнено меньше маневров уклонения от фрагментов мусора, чем годом ранее, поскольку ЦСКО ввел новые критерии для определения опасности событий. ДЖАКСА как оператор спутников признает, что сближение с космическим мусором по-прежнему представляет существенную опасность, поскольку состояние космической среды ухудшается год от года.

#### *Основные технологии обеспечения осведомленности об обстановке в космосе*

Действующая в настоящее время в Цукубском космическом центре ДЖАКСА система анализа определяет орбиты космических объектов на основе данных, получаемых радиолокационной системой Центра наблюдения за космосом в Камисайбара (КСГЦ) и телескопами, расположенными в Центре наблюдения за космосом в Бисэе, прогнозирует опасные сближения на основе последних эфемерид орбит спутников ДЖАКСА и вычисляет вероятность столкновения.

В настоящее время в КСГЦ разрабатывается новая радиолокационная система, которая будет способна отслеживать фрагменты мусора меньшего размера, чем старая система. В частности, новая радиолокационная система покрывает диапазон расстояний от 500 до 800 км, т. е. высоту орбит большинства низкоорбитальных спутников ДЖАКСА. Кроме того, ДЖАКСА выполняет ремонт телескопов с диаметром зеркал 1,0 м и 0,5 м для поддержания их текущих технических возможностей наблюдения за объектами на геосинхронной околоземной орбите. ДЖАКСА также разрабатывает новую систему анализа, которая будет способна обрабатывать больший объем данных, чем имеющаяся система, и большинство процессов в которой будет максимально автоматизировано.

Просьба обратить внимание, что в рамках подготовки к введению в действие новой радиолокационной системы эксплуатация старого радара КСГЦ была прекращена в августе 2020 года. Разработка новой системы обеспечения осведомленности об обстановке в космосе, включающей новую радиолокационную систему КСГЦ, будет завершена в 2023 году.

Помимо этого, ДЖАКСА разработало программные средства, которые помогают планировать маневры уклонения от столкновений с мусором сразу после поступления в Агентство из ЦСКО сообщения данных о сближении. На основе накопленного опыта были упрощены все процедуры выполнения маневров уклонения от фрагментов мусора и снижена рабочая нагрузка. В марте прошлого года ДЖАКСА выпустило вспомогательное средство для предотвращения рисков под названием RABBIT, которое предоставляется всем спутниковым операторам бесплатно.

#### **Исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной и геосинхронной орбитах и определения их орбит**

Как правило, наблюдение за объектами на низкой околоземной орбите осуществляется с помощью радиолокационных систем, однако ДЖАКСА разрабатывает для этих целей оптическую систему, чтобы снизить расходы на строительные работы и эксплуатацию. Для наблюдения за низкой околоземной орбитой разработан большой датчик на основе комплементарной структуры металл-



оксид-полупроводник (КМОП). Применение для анализа данных, поступающих с КМОП-датчика, технологий обработки изображений на основе программируемой пользователем логической матрицы позволяет обнаруживать на низкой околоземной орбите объекты размером 10 см и меньше. Чтобы расширить возможности для наблюдения объектов на низкой околоземной и геосинхронной орбитах, в дополнение к Ньюкасамской обсерватории в Японии была обустроена удаленная площадка для наблюдений в Австралии. Для различных целей могут использоваться один 25-сантиметровый и четыре 18-сантиметровых телескопа. Еще одна удаленная площадка для наблюдений будет создана в Западной Австралии, что позволит точно определять орбиты и оценивать высоту объектов на низкой околоземной орбите на основе данных, поступающих с обеих расположенных в Австралии площадок.

### **Система непосредственного измерения микрофрагментов мусора**

Для измерения милли- и микроразмерных фрагментов мусора на орбитах высотой до 1 тыс. км используется специальный датчик — индикатор частиц космического мусора. Последний раз индикатор проходил испытания на борту транспортного корабля Н-Ш Kounotori-5 (HTV-5). Данные фактических измерений столь мелких фрагментов мусора необходимы для понимания того, насколько велико количество мелкого космического мусора на низких околоземных орбитах, который становится одним из преобладающих факторов риска на орбите.

Уникальными особенностями индикатора частиц космического мусора являются простая система обнаружения, не требующая специальной калибровки перед запуском, и способность взаимодействовать с другими датчиками. Индикатор состоит из детектора и микросхем. Детектор выполнен из тончайшей полиамидной пленки с сеткой из тысяч электропроводящих линий шириной 50 мкм, способной детектировать сталкивающиеся с ней частицы мусора диаметром от 100 мкм до нескольких миллиметров.

ДЖАКСА сотрудничает с Управлением программы по орбитальному мусору Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства в разработке новых средств непосредственного измерения микрофрагментов мусора с целью получения представления о ситуации с мелким мусором на орбитах высотой до 1 тыс. км.

### **Разработка композитного топливного бака**

Для изготовления топливных баков обычно используется титановый сплав, который наиболее пригоден благодаря малому весу и хорошей химической совместимости с топливом. Однако его температура плавления столь высока, что топливный бак не сгорает при входе в атмосферу, что представляет опасность для людей на поверхности Земли.

В течение нескольких лет ДЖАКСА проводило исследования с целью разработки бака с внутренним покрытием из алюминия и оболочкой из углеродных композитов, у которого будет более низкая температура плавления. В рамках технико-экономического обоснования ДЖАКСА провело основные испытания, в том числе проверку совместимости алюминия в качестве материала для внутреннего покрытия с гидрозиновым ракетным топливом, а также испытание электродуговым нагревом.

После того как была изготовлена и испытана уменьшенная технологическая модель бака (ТМ-1), ДЖАКСА изготовило полноразмерный бак (ТМ-2). Форма бака ТМ-2, в котором имеется топливозаборное устройство, не отличается от формы обычного бака. Бак ТМ-2 прошел испытания на избыточное давление, вибростойкость (во влажных и сухих условиях), внешнюю течь, цикл изменения давления и на действие внутреннего давления, и все они показали положительные результаты. После этого был выполнен критический анализ проекта.

Композитный топливный бак отличается от титанового бака более коротким сроком поставки и меньшей стоимостью. В настоящее время ведется экспериментальная и аналитическая оценка вероятности прекращения существования при входе в атмосферу.

#### **Активное удаление мусора**

ДЖАКСА выступило организатором и определило структуру программы исследований, цель которой — осуществление малозатратных миссий по активному удалению космического мусора. Исследования и разработка ключевых технологий, предназначенных для активного удаления мусора, ведутся по трем основным направлениям: сближение с пассивными объектами, методы захвата пассивных объектов и методы увода с орбиты неповрежденных крупных объектов. ДЖАКСА сотрудничает с японскими частными компаниями в целях реализации коммерческих малозатратных проектов по активному удалению космического мусора и работает над передачей необходимых для этого важнейших ключевых технологий.

Кроме того, ДЖАКСА руководит осуществлением демонстрационного проекта по удалению мусора на коммерческой основе. Проект состоит из двух этапов и имеет целью выполнение первой в мире операции по активному удалению мусора в партнерстве с частными компаниями. В ходе первого этапа, начало которого запланировано на 2022 японский финансовый год, будет проведена демонстрация таких ключевых технологий, как сближение с пассивными объектами, выполнение операций в непосредственной близости и обследование второй ступени Н-ПА. В ходе второго этапа, который планируется начать после завершения в Японии 2025 финансового года, будет проведена демонстрация активного удаления мусора и возвращение в атмосферу второй ступени Н-ПА. По итогам конкурсного отбора, завершившегося в феврале 2020 года, партнером на первом этапе стала компания Astroscale Japan Inc.

### **III. Ответы, полученные от международных организаций**

#### **Международное агентство по атомной энергии**

[Подлинный текст на английском языке]  
[1 ноября 2021 года]

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) оказывает поддержку Рабочей группе Научно-технического подкомитета по использованию ядерных источников энергии в космическом пространстве с целью содействия осуществлению документа «Рамки обеспечения безопасного использования ядерных источников энергии в космическом пространстве», подготовленного совместно МАГАТЭ и Рабочей группой.

На случай столкновения с космическим аппаратом с ядерным источником энергии на борту, в результате которого подобный источник может вернуться в атмосферу Земли, МАГАТЭ активно реализует программу по обеспечению готовности и реагирования в случае ядерных и радиологических аварийных ситуаций.

МАГАТЭ обеспечивает функционирование международной системы обеспечения готовности и реагирования в случае аварийных ситуаций, которая опирается на соответствующие международно-правовые документы и обеспечивает разработку и функционирование технических средств и механизмов обеспечения готовности и реагирования в случае ядерных и радиологических аварийных ситуаций.

В рамках Межучрежденческого комитета по радиологическим и ядерным аварийным ситуациям МАГАТЭ и Управление по вопросам космического пространства совместно с другими организациями обеспечивает реализацию Плана

международных организаций по совместному управлению радиационными аварийными ситуациями (Совместный план), в котором предусмотрен соответствующий механизм координации и указаны функции и возможности участвующих в работе международных организаций. Совместный план содержит согласованное описание действий каждой организации на стадии реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации и при принятии мер обеспечения готовности к ним.

## Организация «КАНЕУС Интернэшнл»

[Подлинный текст на английском языке]  
[29 октября 2021 года]

### Общий обзор

Организация «КАНЕУС Интернэшнл» предлагает Научно-техническому подкомитету инициировать проведение системных исследований для решения проблемы влияния многоспутниковых группировок, находящихся на низкой околоземной орбите, на выполнение традиционных задач как в космосе, так и из космоса (в рамках мандата Комитета).

По результатам таких исследований, которые рекомендуется провести, ведущим космическим державам на национальном уровне могут быть предложены реальные меры по предотвращению или смягчению последствий физических и энергетических помех, создаваемых мегагруппировками для традиционных космических систем.

В краткосрочной перспективе подобные меры могут быть связаны с такими действиями операторов спутников, входящих в низкоорбитальные группировки микро-, нано- и пикоклассов, как затемнение поверхности спутников; защита от солнца и отказ от использования жестких отражающих материалов на обращенных к надиру частях малых спутников с целью уменьшения бликов; изменение ориентации малых космических аппаратов для предотвращения проецирования света, отраженного от бортовой аппаратуры, при обеспечении общей доступности максимально точной эфемеридной информации.

В долгосрочной перспективе силами институтов и рабочих групп Комитета по использованию космического пространства в мирных целях могут быть разработаны и предложены дополнительные меры по устранению или смягчению последствий физических и энергетических помех, создаваемых мегагруппировками для традиционных космических систем, а также меры по снижению риска столкновений на орбите и образования космического мусора.

### *Меры по смягчению последствий на ближайшую перспективу*

1. Для операторов спутников:
  - a) затемнение поверхности;
  - b) защита от солнца;
  - c) корректировка ориентации для предотвращения проецирования вспышек на крупные наземные обсерватории;
  - d) контроль управления спутниками с учетом ограничений по мощности для обеспечения эффективной отражательной способности и максимального прогнозирования периодов времени, когда обращенные к надиру отражающие поверхности будут направлены в сторону наземных обсерваторий.

2. Для обсерваторий:
  - а) постобработка изображений для идентификации, моделирования, удаления и маскировки поврежденных пикселей, связанных со следом спутников;
  - б) ведение точных эфемерид всех группировок спутников и — для тех объектов, для которых это целесообразно, — закрытие затворов наземных телескопов на время прогнозируемого пролета спутника;
  - в) избегание наведения, когда это возможно.

### **Справочная информация**

В течение последних лет активно создавались и развертывались несколько многоспутниковых группировок на низкой околоземной орбите, в основном частными и государственными корпорациями Соединенных Штатов Америки, Великобритании, Канады, Китая и других стран.

К числу конкретных примеров относятся наиболее известные группировки коммерческих малых спутников, предназначенных для широкополосной связи и «космического интернета» (Starlink и OneWeb), дистанционного зондирования Земли (Flock), интернета вещей (SpaceBEE) и автоматизированных систем идентификации транспортных средств (Lemur-2).

Корпорации с беспрецедентной частотой выводят спутники на орбиту для создания «мегагруппировок» спутников связи на низкой околоземной орбите. По некоторым оценкам, к 2030 году на орбите планеты может находиться более 100 тыс. спутников.

В целом текущая ситуация с «заполненностью» околоземных орбит была описана в недавней статье Аарона К. Боли и Майкла Байерса в онлайн-научных докладах журнала Nature. По их данным, за два года (к 30 марта 2021 года) число действующих и отработавших спутников на низкой околоземной орбите увеличилось более чем на 50 процентов, достигнув примерно 5 тыс. объектов.

Одна лишь компания SpaceX планирует вывести на орбиту еще 11 тыс. спутников в рамках создания мегагруппировки Starlink и уже подала заявки в Федеральную комиссию по связи на получение лицензий еще для 30 тыс. спутников. Аналогичные планы есть и у других компаний, включая китайскую государственную компанию Guowang с 13 тыс. спутников, OneWeb (6 372 спутника), Amazon (3 236 спутников) и Telesat (сеть Lightspeed — 298 спутников). Нынешняя система управления (контроля), действующая в отношении низкой околоземной орбиты, несмотря на постепенное изменение, плохо приспособлена для управления многоспутниковыми космическими системами.

В ближайшей перспективе этот процесс будет только наращивать темпы. За последние два года, словно грибы после дождя, появились вышеперечисленные орбитальные группировки спутников, используемые для нужд широкополосного интернета, интернета вещей, дистанционного зондирования Земли и систем автоматической идентификации.

Согласно презентации Канады на пятьдесят восьмой сессии Научно-технического подкомитета, посвященной космическим фотометрическим измерениям орбитальной группировки спутников Starlink, сделанным с помощью спутника для наблюдения объектов, сближающихся с Землей, в ближайшие 10 лет прогнозируется вывод на орбиту до 10 тыс. малых (т. е. микро-, нано-, пико- и фемто-) спутников.

### **Ключевые вопросы**

Появление новых угроз и рисков, которые прямо или косвенно связаны с проблемой космического мусора, происходит в двух отдельных измерениях.

Первое измерение — это создаваемые низкоорбитальными многоспутниковыми группировками энергетические (информационные) помехи для плановой (повседневной) космической деятельности, которые связаны с функционированием спутниковых систем, обеспечивающих стратегическую стабильность и международную безопасность.

Речь идет, прежде всего, о национальных (китайских, российских, американских) и международных (принадлежащих ЕС) высокоорбитальных системах широкополосной связи и ретрансляции данных, информационных компонентах систем предупреждения о ракетном ударе и системах противоракетной обороны, а также системах контроля околоземного космического пространства, системах низковысотной стратегической разведки (контроль за соблюдением договоров) и специальной связи, используемой военными и военизированными ведомствами.

Помехи астрономическим наблюдениям создаются с Земли и напрямую связаны с предупреждениями о ракетных ударах, функционированием систем противоракетной обороны и контроля за космическим пространством, поскольку наземные оптические средства способствуют выполнению оборонных задач.

Поэтому невозможно устранить радиопомехи, создаваемые бесперебойной работой военной и гражданской спутниковой связи в диапазонах частот Ка, Ку (от 22 ГГц) и V (60 ГГц). Кроме того, все вышеупомянутые многоспутниковые группировки, связанные не только с телекоммуникациями, создают глобальную и плохо контролируемую угрозу физической и информационной безопасности в космическом секторе.

Второе измерение — это угроза каскадного роста количества космического мусора, связанная с наблюдаемым расширением использования малых (микро-) и сверхмалых (нано-, пико- и фемто-) спутников в контексте применения средств автоматизированного управления ими на основе микро-/нанотехнологий и искусственного интеллекта.

Потенциально опасные сближения таких малых космических аппаратов в составе «роевых» группировок на критических расстояниях и угроза возможных столкновений в результате потери или ошибок управления будут вынуждать (и уже вынуждают) операторов крупных низкоорбитальных космических объектов (таких, как уникальные и дорогостоящие стратегические разведывательные спутники или Международная космическая станция) часто прибегать к защитному маневрированию со всеми вытекающими из этого последствиями, включая срыв выполнения целевых задач и расход энергетических ресурсов космического аппарата.

### **Другая работа в этой области**

На пятьдесят восьмой сессии Научно-технического подкомитета некоторые делегации выразили серьезную обеспокоенность по поводу размещения крупных группировок и мегагруппировок спутников и последствий такого размещения и в этой связи высказали мнение, что эта тема должна быть одной из приоритетных в работе Подкомитета, для того чтобы ограничить образование космического мусора ([A/AC.105/1240](#), п. 98).

С учетом того, что проблема космического мусора рассматривается Комитетом по использованию космического пространства в мирных целях уже много лет, включая попытки регулирования количества мусора на околоземной орбите с помощью специальных мер на национальном и международном уровнях, вряд ли можно ожидать, что введение рекомендательных норм и создание специализированных учреждений Организации Объединенных Наций в целях решения проблемы помех и долгосрочных угроз для повседневной космической деятельности, вызванных появлением многоспутниковых группировок на низкой орбите, окажется конструктивным.

### **Предлагаемые изменения**

В качестве альтернативного подхода, в частности, в действующем традиционном мандате Подкомитета по пункту 8 его повестки дня (в соответствии с резолюцией 75/92 Генеральной Ассамблеи), относящемся к исследованиям по проблеме космического мусора, безопасности космических объектов с ядерными источниками энергии на борту и проблемам, связанным с их столкновениями с объектами искусственного происхождения, следует заменить фразу «с ядерными источниками энергии на борту» на фразу «низкоорбитальных многоспутниковых группировок» или добавить последнюю в мандат.

### **Обоснование предлагаемых изменений**

Во-первых, космические объекты с ядерными источниками энергии на борту не запускались, по крайней мере в течение последних двух лет. Исключение составляют радиоизотопные источники энергии, используемые для долгосрочных (обычно межпланетных) космических полетов.

В краткосрочной перспективе такие объекты не представляют собой столь очевидную угрозу, как многоспутниковые низкоорбитальные группировки, ни с точки зрения столкновений на орбите, ни с точки зрения последствий таких столкновений для экологии Земли и состояния космического пространства.

Во-вторых, Подкомитет не поднимал проблему влияния низкоорбитальных многоспутниковых группировок ни на эффективность астрономических наблюдений, ни на повседневную космическую деятельность в различных ее аспектах, включая обеспечение стратегической стабильности и международной безопасности.

По первому компоненту недавно были проведены исследования в Соединенных Штатах Американским астронавтическим обществом при поддержке Национального фонда науки (практикумы SATCON1 и SATCON2 в июле 2020 года и в июле 2021 года) с целью минимизации негативного влияния спутниковых группировок на астрономию и ночное небо; однако второй компонент в исследованиях аналитиков не рассматривался.

Если обсерваториям и операторам спутников предлагаются конкретные меры в отношении текущей и будущей деятельности (когда международное сообщество придет к более глубокому пониманию воздействия многоспутниковых низкоорбитальных группировок на астрономические наблюдения и способов смягчения такого воздействия), то в случае влияния низкоорбитальных многоспутниковых группировок на стабилизирующую космическую деятельность (глобальные системы связи, ретрансляцию, разведку из космоса, космические эшелоны систем противоракетной обороны и раннего предупреждения, а также обеспечение осведомленности об обстановке в космосе) такие меры не рассматривались в открытом формате. Более того, преобладающее использование определенных областей орбит несколькими отдельными странами может также привести к фактическому отстранению других субъектов от их использования, что является нарушением Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела.

### **Предлагаемые рекомендации**

Все упомянутые выше вопросы и проблемы могут быть рассмотрены и решены скоординированным образом исключительно при помощи многосторонней нормотворческой деятельности (будь то через Организацию Объединенных Наций, Межагентский координационный комитет по космическому мусору (МККМ) или в рамках специального процесса) вместо несогласованных действий в соответствии с различными национальными законами.

Вместе с тем по другим аспектам функционирования мегагруппировок не существует обязательных международных правил. В 2007 году МККМ, который в настоящее время представляет 13 космических агентств, указал на предпочтительность прямого возвращения спутника в атмосферу по окончании его срока службы, но рекомендовал увод спутников с орбиты в течение 25 лет. Это неприемлемая рекомендация для мегагруппировок, состоящих из тысяч спутников с коротким периодом эксплуатации. Кроме того, упускается из виду проблема расположения спутников, так как для спутников, находящихся на больших высотах, вероятность столкновения относительно высока ввиду слишком длительного времени схода с орбиты.

Вне зависимости от выбора нормотворческого форума необходимо менять позицию и политику в отношении мегагруппировок и переходить от рассмотрения спутников по отдельности к оценке систем, состоящих из тысяч спутников, причем делать это нужно с учетом ограничений, характерных для окружающей среды Земли, включая ее орбиты.

Таким образом, с учетом вышеизложенного организация «КАНЕУС Интернэшнл» предлагает Подкомитету инициировать системные исследования по проблеме влияния многоспутниковых группировок, находящихся на низкой орбите, на традиционные проблемы, решаемые в космосе и из космоса.

---