

Миссии и вызовы безопасности и долгосрочной устойчивости космической деятельности

© Е.А. Павлова, В.А. Воропаев

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша Российской академии наук, Москва, 125047, Россия

Раскрыта сущность безопасности и долгосрочной устойчивости космической деятельности. Представлены основные руководящие принципы, одобренные Генеральной Ассамблеей ООН, и руководящие принципы, не получившие консенсусного одобрения в Комитете ООН по использованию космического пространства в мирных целях. Отражены вызовы долгосрочной устойчивости космической деятельности для достижения целей, задач и средств развития мировой космонавтики, а также поддержания статуса Российской Федерации как мировой космической державы. Рассмотрена сущность проблем и вызовов, связанных с техногенной засоренностью околоземного космического пространства, делимитацией воздушного и космического пространств, необходимостью организации управления космическим движением, неразрывно связанного с развертыванием многоспутниковых орбитальных группировок. Затронуты вопросы противодействия астероидно-кометной опасности. Представленные в статье результаты исследования должны помочь представителям российской космической отрасли в понимании проблем, вызовов и сущности долгосрочной устойчивости космической деятельности во взаимосвязке с вопросами обеспечения ее безопасности.

Ключевые слова: околоземное космическое пространство, долгосрочная устойчивость, космическая деятельность, безопасность, космический мусор, делимитация, управление космическим движением

Введение. В связи с возрастающей активностью участников космической деятельности предъявляются особые требования к задачам обеспечения ее безопасности, для решения которых требуется понимание проблем и вызовов, связанных с долгосрочной устойчивостью космической деятельности.

Мирное и созидательное осуществление космической деятельности представляется важным фактором, необходимым для достижения целей в области устойчивого развития мировой и национальной космонавтики [1].

Согласно нормативной документации Комитета Организации объединенных наций (ООН) по использованию космического пространства в мирных целях (КОПУОС), долгосрочная устойчивость космической деятельности (ДУКД) определяется как способность поддерживать осуществление космической деятельности в дальнейшем таким образом, чтобы обеспечивать достижение целей справедливого доступа к выгодам от исследования и использования космического пространства в мирных целях, чтобы удовлетворять

потребности нынешних поколений, сохраняя при этом космическую среду для будущих поколений [2]. Цель представленного исследования — раскрыть основные принципы и вызовы, связанные с обеспечением безопасности космической деятельности, тесно пересекающиеся с задачей обеспечения ДУКД.

Руководящие принципы ДУКД и проблемы их формирования. С 2007 по 2019 г. в ходе заседаний Научно-технического подкомитета Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях (НТПК ООН) российские и зарубежные эксперты космических держав разрабатывали руководящие принципы ДУКД.

В 2019 г. Генеральной ассамблеей ООН был одобрен документ, содержащий преамбулу и двадцать один руководящий принцип ДУКД. Принятые членами КОПУОС на основании консенсуса (общего согласия, достигнутого в порядке обсуждения, без процедуры голосования) руководящие принципы сформированы в качестве рекомендательной нормы для участников космической деятельности. Однако по семи принципам (в основном российского происхождения), предложенным Рабочей группой Управления Организации Объединенных Наций по вопросам космического пространства (УВКП ООН) по ДУКД, консенсус достигнут не был.

Для формирования новых руководящих принципов, развития существующих и оценки «наилучших практик» их имплементации в национальные законодательства космических держав на заседании 66-й сессии КОПУОС, прошедшей в июне 2019 г., было принято решение о создании новой Рабочей группы Научно-технического подкомитета (НТПК) по ДУКД. Однако в течение последней сессии НТПК ООН, проведенной в Вене в феврале 2020 г., представителям делегаций не удалось прийти к общему мнению по кандидатурам председателей новой Рабочей группы и определить ее мандат.

Структура руководящих принципов ДУКД, принятых ООН, включает в себя несколько перечисленных ниже блоков.

Блок «В». Безопасность космических операций:

- предоставление обновляемой контактной информации и обмен информацией о космических объектах и событиях на орбите;
- повышение точности орбитальных данных о космических объектах и совершенствование практики и повышение полезности обмена орбитальной информацией о космических объектах;
- содействие сбору, коллективному использованию и распространению данных мониторинга космического мусора;
- проведение оценки сближения космических объектов на всех орбитальных этапах управляемого полета;
- разработка практических подходов к проводимой до запуска оценке сближений;

- обмен оперативными данными и прогнозами космической погоды;
- разработка моделей космической погоды и механизмов ее прогнозирования и сбор информации о сложившейся практике в области уменьшения воздействия космической погоды;
- проектирование и эксплуатация космических объектов независимо от их физических и эксплуатационных характеристик;
- принятие мер по учету рисков, связанных с неконтролируемым возвращением в атмосферу космических объектов;
- соблюдение мер предосторожности при использовании источников лазерного излучения, проходящего через космическое пространство.

Блок «С». Международное сотрудничество, создание потенциала и информированность:

- поощрение и содействие развитию международного сотрудничества в поддержку долгосрочной устойчивости космической деятельности;
- обмен опытом, имеющим отношение к долгосрочной устойчивости космической деятельности, и разработка в соответствующих случаях новых процедур для обмена информацией;
- оказание содействия и поддержки созданию потенциала;
- повышение информированности о космической деятельности.

Блок «D». Научно-технические исследования и разработки:

- поощрение и поддержка изучения и разработки методов поддержки устойчивого исследования и использования космического пространства;
- изучение и рассмотрение новых мер, позволяющих справиться с засоренностью космического пространства в долгосрочной перспективе [2].

Позиция Российской Федерации по вопросам, связанным с ДУКД, изложена в следующих рабочих документах, распространенных в ходе заседаний НТПК и КОПУОС ООН:

«Долгосрочная устойчивость космической деятельности (основные элементы концепции создания под эгидой ООН единого Центра информации по мониторингу околоземного космического пространства и актуальные аспекты тематики)», 2014 г. [3];

«Соображения относительно модальностей консолидации понимания по вопросам совершенствования практики регистрации космических объектов в связи с необходимостью обеспечения безопасности космических операций», 2015 г. [4];

«Достижение единого толкования права на самооборону в соответствии с Уставом ООН применительно к космической области как

фактор сохранения космоса в качестве безопасной и бесконфликтной среды и обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности», 2015 г. [5];

«Дополнительные идеи относительно совокупности целей достижения Венского консенсуса по безопасности в космосе и необходимости в серьезном осмыслении модальностей рассмотрения сложных проблем, связанных с управлением движением в космосе, и оправданности больших ожиданий скорых решений в этой области», 2016 г. [6].

Одной из ключевых проблем формирования ДУКД являются политически сложные процессы, связанные с неприятием инициатив Российской Федерации лидирующими западными державами и их союзниками среди развивающихся стран и международных неправительственных организаций. Ряд предложенных принципов, встретивших сопротивление западных стран и Китая, не получили консенсусного одобрения и остались проектом.

В числе принципов ДУКД, не получивших единого одобрения ведущими и развивающимися космическими державами, значатся следующие предложения:

– установление обязательства в рамках национальной правовой системы и/или основ политики осуществлять космическую деятельность исключительно в мирных целях;

– принятие мер для выявления, снижения и управления рисками для наземной инфраструктуры, поддерживающей функционирование орбитальных систем, средств выведения и космических аппаратов;

– соблюдение процедур подготовки и осуществления операций по активному удалению (или преднамеренному уничтожению) космических объектов;

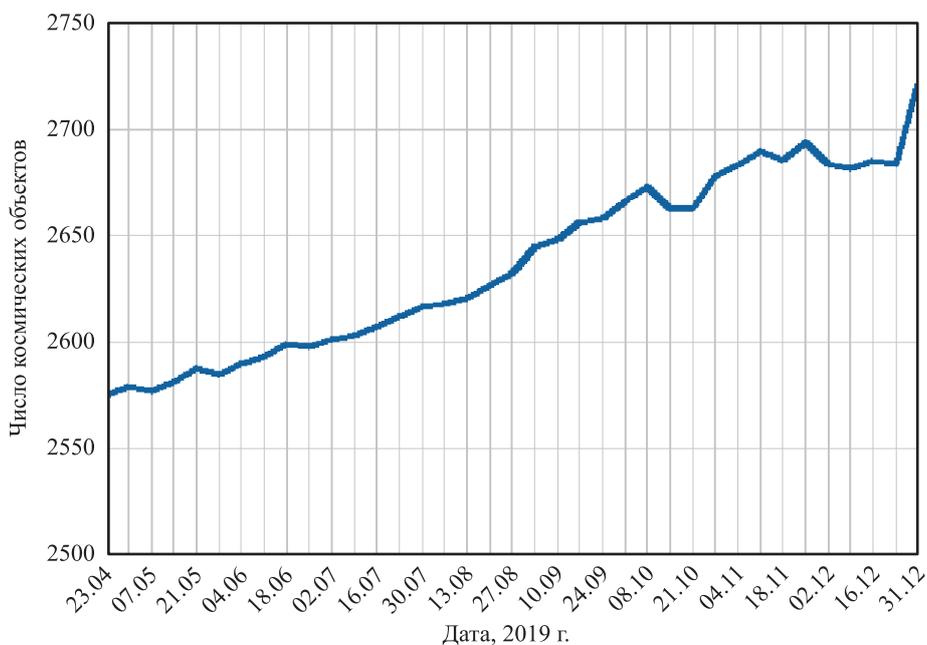
– соблюдение мер предосторожности при подготовке или осуществлении операций по активному удалению мусора/находящихся на орбите космических объектов [7].

Сопротивление российским инициативам связано с противоречиями в определении целей, задач и средств достижения устойчивого развития мировой космонавтики, в том числе в области правового статуса космической деятельности частных компаний, и необходимых мер обеспечения транспарентности и укрепления доверия в космосе.

Вызовы долгосрочной устойчивости и безопасности космической деятельности. Современные тенденции развития космонавтики, включая рост наукоемких технологий и появление большого числа частных компаний, в том числе по предоставлению услуг доступа в космическое пространство, делают задачи обеспечения безопасности космической деятельности еще более актуальными.

Среди вызовов и нерешенных проблем ДУКД необходимо выделить следующие:

- техногенная засоренность околоземного космического пространства (ОКП);
 - наличие на низкой околоземной орбите космических объектов с источниками радиоактивного излучения на борту;
 - реализация задачи активного увода больших фрагментов (отработавших космических аппаратов (КА), разгонных блоков и крупных операционных фрагментов) специализированными КА;
 - делимитация воздушного и космического пространств;
 - организация глобального управления космическим движением;
 - международное регулирование освоения космических ресурсов;
 - имплементация норм и правил ведения международной космической деятельности в национальные законодательства и стандарты.
- Очевидным вызовом обеспечению долгосрочной устойчивости является непрерывно возрастающая техногенная засоренность ОКП.



Изменение числа каталогизированных космических объектов в базе данных ИПМ им. М.В. Келдыша РАН в области геостационарных орбит

График изменения числа каталогизированных космических объектов (КО) на геостационарной орбите, сопровождаемых российскими оптическими телескопами [8], представлен на рисунке. Возрастающее число объектов на орбитах Земли увеличивает риск возникновения различного рода опасных ситуаций в ОКП [9], тем более в перенаселенном торе геостационарных орбит. В настоящее время для решения данной проблемы как минимум требуются: мониторинг и

контроль за объектами и событиями в ОКП; поиск мер по предотвращению образования космического мусора; своевременное предупреждение опасных ситуаций в космосе.

Принятый в Российской Федерации в начале 2019 г. ГОСТ Р 52925–2018 определяет понятие космического мусора следующим образом: все находящиеся на околоземной орбите космические объекты искусственного происхождения (включая фрагменты или части таких объектов), которые закончили свое активное функционирование [10].

С 1990-х годов вопросы снижения техногенного засорения ОКП находятся в ведении Межагентского комитета по космическому мусору (МККМ), учрежденного КОПУОС ООН, в работе которого участвует российская делегация в составе руководителей и специалистов Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», Госкорпорации «Росатом», Минобороны РФ и экспертов РАН.

Важным результатом деятельности экспертов рабочих групп МККМ стала выработка рекомендаций, положенных в основу международных стандартов ISO и упомянутого российского национального стандарта ГОСТ Р 52925–2018. В частности, операторам КА по окончании эксплуатации надлежит обеспечивать их увод в зону захоронения, если КА находились на геостационарной орбите, являющейся уникальным ресурсом человечества, либо переход на орбиту со сроком баллистического существования не более 25 лет, если КА вращались на низких околоземных орбитах, включая солнечно-синхронные [11].

Проблематика «космического мусора» неразрывно связана с задачами активного увода больших фрагментов (отработавших КА, разгонных блоков и крупных операционных фрагментов типа переходников) специализированными КА, оснащенными системами орбитального маневрирования с большим запасом так называемой характеристической скорости, а также устройствами стыковки и механического захвата некооперируемых объектов. В последние годы зарубежными компаниями были проведены на практике первые экспериментальные космические операции по решению задачи активного увода КА. В зарубежной литературе космические операции данного типа получили аббревиатуру ADR (Active Debris Removal) [12]. За первыми экспериментами, проведенными частной британской компанией в сентябре 2018 г., последовал серьезный успех, достигнутый в начале 2020 г. с помощью космического аппарата MEV-1. Специалистам компании Northrop Grumman удалось пристыковаться к геостационарному спутнику связи Intelsat 901, исчерпавшему бортовой запас топлива, необходимого для коррекций орбиты и поддержания ориентации аппарата, и вернуть его к жизни, обеспечив несколько дополнительных лет эксплуатации [13]. Некото-

рые компании, в частности, японские и европейские, предлагают спутниковым операторам услуги ADR на коммерческой основе. Аналогичные разработки, проводимые в нашей стране, представлены проектом АО «ЦНИИмаш» совместно с АО «ИСС» [14].

Представляется, что широкое внедрение систем ADR в практику мировой космической деятельности может привести к серьезным политическим последствиям (чем, вероятно, и вызвано явно выраженное отсутствие стремления прозападных акторов к поиску консенсуса по одному из непринятых руководящих принципов ДУКД, указанному выше). В заявлениях американских и европейских экспертов по космическому мусору неоднократно прослеживалось намерение активного удаления с орбиты нескольких (советских) низкоорбитальных ступеней. По мнению американских и европейских экспертов, результаты математического моделирования показывают, что таким способом возможно предотвратить возникновение «синдрома Кесслера» в одной из наиболее плотно заселенных областей ОКП на высотах от 700 до 1200 км [15]. Принимая во внимание известные лакуны в области правовой собственности орбитальных объектов советского космического наследия, такие подходы не могут не вызывать обеспокоенность России.

Важно отметить вопросы ядерной безопасности как элемента обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности. Отдельную опасность представляют собой осколки холодной войны — активные зоны советских ядерных космических реакторов, захороненные на высоте около 1000 км. О предельной аккуратности в обращении с ядерными источниками бортовой электроэнергии человечеству напоминают последствия аварий, произошедших в 1964, 1978 и 1983 г. [16].

Следующим важным вопросом долгосрочной устойчивости является делимитация воздушного и космического пространств. На первый взгляд, вопрос целиком лежит в научной плоскости, однако при ближайшем рассмотрении становятся понятны далеко идущие цели и последствия необдуманных подходов в данном вопросе.

Суверенитет Российской Федерации распространяется на собственное воздушное пространство (национальное законодательство некоторых развивающихся государств определяет их суверенитет в воздушно-космическом пространстве областью пространства, простирающейся от линии государственной границы «не далее, как в бесконечность») [17], в то время как международные соглашения запрещают вывод ядерного оружия в космос [18]. Принудительное разграничение атмосферной оболочки Земли на воздушное и космическое пространства (тем более с введением промежуточных областей суборбитальных полетов — «коридоров» между воздушным и космическим пространством) в перспективе грозит появлением

«серых зон» [19], усиливающих военно-политическую напряженность в отношениях ведущих ядерных держав.

Предельно сдержанная позиция Российской Федерации по данному вопросу, высказанная на заседании Юридического подкомитета КОПУОС в 2014 г., заключается в том, что государствам следует и далее действовать в рамках существующей системы до тех пор, пока не возникнут предпосылки практической реализации проблемы международно-правового решения вопросов определения и/или делимитации космического пространства [20].

Таким образом, принудительная делимитация пространств и появление «серых зон» может угрожать глобальной безопасности и является достаточно серьезным вызовом долгосрочной устойчивости.

Не менее глобальным общемировым вызовом человечества является предупреждение астероидно-кометной опасности. Следует отметить, что в 2020 г., впервые за долгое время, в России тематика астероидно-кометной опасности перешла в практическую плоскость. В настоящее время в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН проводятся работы по обнаружению и исследованию физических свойств малых тел Солнечной системы, включая астероиды, сближающиеся с Землей. Для решения задач привлекаются телескопы Международной оптической сети, информация от которых накапливается в специализированной базе данных. Каталогизированы десятки новых астероидов главного пояса, обнаружены несколько потенциально опасных астероидов и комет. В 2020–2021 гг. проведены несколько десятков сеансов наблюдений астероида 99942 Апофис [21].

Однако проблема отмеченного выше вызова носит внутренний характер. Практическая заинтересованность со стороны российских участников космической деятельности в совместном решении проблемы отсутствует, в то время как необходимо интегрировать наработки Российской академии наук (РАН), включая средства и методы обнаружения и исследования потенциально опасных астероидов в Автоматизированную систему предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве (АСПОС ОКП).

Следующим вызовом долгосрочной устойчивости, связанным с перенаселенностью ОКП, пока не актуальным для России, но активно обсуждаемым за рубежом, является организация управления космическим движением (организация «правил движения в космосе») [22]. Актуальность управления космическим движением обусловлена перспективами развертывания многоспутниковых низкоорбитальных группировок для обеспечения непосредственного доступа во всемирную сеть, «интернета вещей» и т.д. Перспективы «взрывного» роста количества активных космических объектов, одновременно присутствующих на низких околоземных орбитах (в диапазоне высот

от 400 до 1200 км над поверхностью Земли) вызывают закономерные опасения, касающиеся дальнейшей возможности безопасного и устойчивого развития космической деятельности в условиях «перенаселенности» околоземного космического пространства.

На современном этапе освоения космического пространства вызовом также является понимание странами-участниками международных правовых основ, целей, задач и методов освоения космических ресурсов. Эксперты «Гаагской группы по управлению космическими ресурсами» терминологически определяют их как извлекаемые или возобновляемые ресурсы абиотического происхождения, находящиеся в космическом пространстве [23]. В свою очередь, США продемонстрировали решимость пересмотреть архаичные, по их мнению, устойчивого международного космического права, не отражающие интересы частных коммерческих компаний, касающиеся завладения космическими ресурсами в стиле освоения Дикого Запада (first come, first take).

Директива Дональда Трампа, датируемая апрелем 2020 года, определяет ряд ключевых позиций США по рассматриваемым вопросам. В частности, Соединенные Штаты:

- признают Договор о космосе 1967 г. и не признают Договор о Луне 1979 г.;
- не рассматривают космос в качестве всеобщего достояния человечества, тем не менее признавая факт его юридической и физической уникальности;
- отвергают любые попытки трактовать Договор о Луне как принятую часть международного права;
- требуют права свободного использования космических ресурсов в интересах частных американских компаний [24].

Кроме того, особую важность представляет правовая имплементация норм и правил ведения международной космической деятельности в национальные законодательства и стандарты. Предполагается, что принятые в будущем принципы, имеющие необязательную юридическую силу, должны быть применимы к любым направлениям космической деятельности должна учитываться их специфика во благо мирной и созидательной экспансии человечества в космос.

Заключение. Долгосрочная устойчивость — важный элемент сохранения и развития космической деятельности. В статье представлены руководящие принципы ДУКД, являющиеся рекомендательной нормой для участников космической деятельности. Однако современные вызовы ДУКД, связанные с развитием международной космической деятельности, обуславливают необходимость обеспечения ее безопасности на ином, более высоком уровне.

В настоящее время активность России в области решения представленных задач на национальном уровне не столь существенна, чем

в зарубежных странах. Некоторые директивы мировых космических держав содержат четкие положения, нацеленные на решение задач в интересах своих государств и лидирования по ключевым вопросам, связанным с общемировыми тенденциями в области космической деятельности. Представленное в статье исследование должно помочь представителям российской космической отрасли лучше понять проблемы, вызовы и сущность ДУКД во взаимоотношениях с вопросами безопасности космической деятельности. Российская позиция по отмеченным вызовам ДУКД должна помочь обеспечивать интересы государства в развертывании транснациональной космической деятельности и поддержании статуса мировой космической державы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цели в области устойчивого развития общества. *ООН*. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения 12.04.2021).
- [2] Руководящие принципы обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности (Приложение II). *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях*. Вена, 2019. URL: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2019/aac_1051/aac_1051_318add_4_0_html/AC105_L318Add04R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [3] Предложение об обзоре и рассмотрении концепции информационной платформы Организации Объединенных Наций, служащей общим потребностям в сборе и предоставлении в общее пользование информации о мониторинге околоземного космического пространства в интересах обеспечения безопасности космических операций, а также ее архитектурных и программных аспектов. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях*. Вена, 2015. URL: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2015/aac_1051/aac_1051_293_0_html/AC105_L293R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [4] Соображения относительно модальностей консолидации понимания по вопросам совершенствования практики регистрации космических объектов в связи с необходимостью обеспечения безопасности космических операций. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях*. Вена, 2015. URL: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2015/aac_1051/aac_1051_295_0_html/AC105_L295R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [5] Достижение единого толкования права на самооборону в соответствии с Уставом Организации Объединенных Наций применительно к космической области как фактор сохранения космоса в качестве безопасной и бесконфликтной среды и обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях*. Вена, 2015. URL: <https://undocs.org/pdf?symbol=ru/A/AC.105/L.294> (дата обращения 12.04.2021).
- [6] Further ideas on a set of goals of achieving the Vienna Consensus on Space Security and the need for thorough reflection on the modalities of addressing the tangled issues associated with space traffic management and the justifiability of intense expectations of early decisions in this area. *Committee on the Peaceful*

- Uses of Outer Space Legal Subcommittee.* Vienna, 2016. URL: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2016/aac_1052016crp/aac_1052016crp_13_0_html/AC105_2016_CRP13E.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [7] Долгосрочная устойчивость космической деятельности. Руководящие принципы обеспечения долгосрочной устойчивости космической деятельности. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях.* Вена, 2017. URL: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/aac_1052017c_11/aac_105c_11_354_0_html/AC105_C1_L354R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [8] Павлова Е.А., Захваткин М.В., Стрельцов А.И., Еленин Л.В., Жорниченко А.А., Воропаев В.А. Обеспечение безопасности полетов высокоорбитальных космических аппаратов. *Сб. тр. Всероссийской науч. конф. «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы».* Москва, ИКИ РАН, 2019, с. 131–138. DOI: 10.21046/spacedebris2019-131-138
- [9] Павлова Е.А., Захваткин М.В., Стрельцов А.И., Воропаев В.А., Еленин Л.В. Формирование единого классификатора опасных ситуаций в околоземном космическом пространстве. *Космические исследования*, 2021, т. 59, № 2, с. 126–134. DOI: 10.31857/S0023420621020084
- [10] *ГОСТ Р 52925–2018. Изделия космической техники. Общие требования к космическим средствам по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства.* Москва, Изд-во «Стандартинформ», 2018, 11 с.
- [11] Меры, принимаемые космическими агентствами для снижения темпов образования космического мусора или его потенциальной опасности. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях.* Вена, 1995. https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_620R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [12] Safety & Security. Active debris removal. *The European Space Agency.* URL: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Active_debris_removal (дата обращения 12.04.2021).
- [13] Intelsat-901 Satellite Returns to Service Using Northrop Grumman’s Mission Extension Vehicle. *Northrop Grumman.* URL: <https://news.northropgrumman.com/news/releases/intelsat-901-satellite-returns-to-service-using-northrop-grumman-mission-extension-vehicle> (дата обращения 12.04.2021).
- [14] Логинов С.С., Усовик И.В., Яковлев М.В., Обухов В.А., Попов Г.А., Свотина В.В., Вилков Ю.В., Кирилов В.А., Попов В.В. Бесконтактный вывод объектов космического мусора из защищаемой области геостационарной орбиты. *Космонавтика и ракетостроение*, 2017, № 5 (98), с. 28–36.
- [15] Kessler D.J., Cour-Palais B.G. Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt. *Journal of Geophysical Research*, 1978, vol. 83, no. A6, pp. 2637–2646.
- [16] Мини-Чернобыли на орбите. *Журнал «Все о космосе»*, 2018. URL: <https://aboutspacejournal.net/2018/01/29/мини-чернобыли-на-орбите/> (дата обращения 12.04.2021).
- [17] Вопросы, касающиеся определения и делимитации космического пространства: ответы государств-членов. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях.* Вена, 2012. URL: https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_889Add10R.pdf (дата обращения 12.04.2021).

- [18] Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой. *ООН*, 1963.
URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/nuclear_seabed.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [19] Вопросы, касающиеся суборбитальных полетов для решения научных задач и/или пассажирских перевозок. *Комитет по использованию космического пространства в мирных целях*. Вена, 2013.
URL: https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_1039Add02R.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [20] Matters relating to the definition and delimitation of outer space. *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Legal Subcommittee*. Vienna, 2014. URL: https://www.unoosa.org/pdf/limited/c2/AC105_C2_2014_CRP06E.pdf (дата обращения 12.04.2021).
- [21] Asteroid (99942) Apophis Observation Campaign. URL: https://script.google.com/macros/s/AKfycbxFDE4F9NBzZg8SNxGYI_JtIffq0XliATXykqNsv6g1Cx23jRr/exec?target=99942 (дата обращения 12.04.2021).
- [22] Muelhaupt T. Space traffic management in the new space era. *The Journal of Space Safety Engineering*, 2019, vol. 6, pp. 80–87.
- [23] Попова С.М. «Гаагская модель» правового регулирования деятельности в области космических ресурсов и перспективы трансформации международного космического права. *Исследования космоса*, 2018, № 2, с. 144–174. DOI: 10.7256/2453-8817.2018.2.28631
- [24] Trump D. Space Policy Directive-3. *National Space Traffic Management Policy*, 2018. URL: https://aerospace.org/sites/default/files/policy_archives/Space%20Policy%20Directive%203%20-%20STM%2018Jun18.pdf (дата обращения 12.04.2021).

Статья поступила в редакцию 07.05.2021

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Павлова Е.А., Воропаев В.А. Миссии и вызовы безопасности и долгосрочной устойчивости космической деятельности. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2021, вып. 9. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-9-2114>

Павлова Елена Александровна — старший инженер ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Область деятельности и научных интересов: космический мусор, техногенная засоренность, управление космической отраслью, астероидно-кометная опасность, безопасность космической деятельности в околоземном космическом пространстве. e-mail: elena312@gmail.com

Воропаев Виктор Анатольевич — ведущий инженер ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Область деятельности и научных интересов: космический мусор, техногенная засоренность, долгосрочная устойчивость космической деятельности, оптический мониторинг околоземного космического пространства. e-mail: voropaev@live.ru

Missions and space security and long-term sustainability challenges

© E.A. Pavlova, V.A. Voropaev

Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, 125047, Russia

The paper dwells upon the security and long-term sustainability of space activities and introduces the main guidelines, approved by the UN General Assembly, as well as the guidelines, which did not receive consensus approval in the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. The challenges of the long-term sustainability of space activities for achieving the goals, objectives, and means of developing world cosmonautics and maintaining the status of the Russian Federation as a world space power are reflected. The study focuses on the problems and challenges associated with the man-made debris of near-earth space, the delimitation of air and outer space, the need to organize space traffic control, which is inextricably linked with the deployment of multi-satellite orbital constellations. The issues of counteracting the asteroid-cometary hazard are touched upon. The research findings given in the paper should help representatives of the Russian space industry understand the problems, challenges, and essence of the long-term sustainability of space activities in conjunction with issues of ensuring its security.

Keywords: near-earth outer space, long-term stability, space activity, security, space debris, delimitation, space traffic control

REFERENCES

- [1] Tseli v oblasti ustoychivogo razvitiya obschestva [Sustainable development goals]. *UN*. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (accessed April 12, 2021).
- [2] Rukovodyaschie printsipy obespecheniya dolgosrochnoy ustoychivosti kosmicheskoy deyatelnosti (Prilozhenie II) [Guidelines for the long-term sustainability of outer space activities (Annex II)]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2019. Available at: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2019/aac_1051/aac_1051_318add_4_0_html/AC105_L318Add04R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [3] Predlozhenie ob obzore i rassmotrenii kontseptsii informatsionnoy platformy Organizatsii Oedinennykh Natsiy, sluzhaschey obschim potrebnyam v sbore i predostavlenii v obschee polzovanie informatsii o monitoringe okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva v interesakh obespecheniya bezopasnosti kosmicheskikh operatsii, a takzhe ee arkhitekturnykh i programmnykh aspektov [Proposal to review and consider the concept of a United Nations information platform serving the general needs for the collection and sharing of near-Earth space monitoring information for the safety of space operations, as well as its architectural and programmatic aspects]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2015. Available at: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2015/aac_1051/aac_1051_293_0_html/AC105_L293R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [4] Soobrazheniya otnositelno modalnostey konsolidatsii ponimaniya po voprosam sovershenstvovaniya praktiki registratsii kosmicheskikh obektov v svyazi s

- neobkhodimostyu obespecheniya bezopasnosti kosmicheskikh operatsii [Considerations on modalities for consolidating understanding on improving the practice of registering space objects in relation to the need to ensure the safety of space operations]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2015. Available at: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2015/aac_1051/aac_1051_2_95_0_html/AC105_L295R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [5] Dostizhenie edinogo tolkovaniya prava na samooboronu v sootvetstvii s Ustavom Organizatsii Obedinennykh Natsiy primenitelno k kosmicheskoy oblasti kak faktor sokhraneniya kosmosa v kachestve bezopasnoy i beskonfliktnoy sredy i obespecheniya dolgosrochnoy ustoychivosti kosmicheskoy deyatelnosti [Achievement of a unified interpretation of the right to self-defense in accordance with the Charter of the United Nations in relation to outer space as a factor in preserving outer space as a safe and conflict-free environment and ensuring the long-term sustainability of outer space activities]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2015. Available at: <https://undocs.org/pdf?symbol=ru/A/AC.105/L.294> (accessed April 12, 2021).
- [6] Further ideas on a set of goals of achieving the Vienna Consensus on Space Security and the need for thorough reflection on the modalities of addressing the tangled issues associated with space traffic management and the justifiability of intense expectations of early decisions in this area. *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Legal Subcommittee*. Vienna, 2016. Available at: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2016/aac_1052016crp/aac_1052016crp_13_0_html/AC105_2016_CRP13E.pdf (accessed April 12, 2021).
- [7] Dolgosrochnaya ustoychivost kosmicheskoy deyatelnosti. Rukovodyaschie printsipy obespecheniya dolgosrochnoy ustoychivosti kosmicheskoy deyatelnosti [Long-term sustainability of space activities. Guidelines for the long-term sustainability of outer space activities]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2017. Available at: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/aac_1052017c_11/aac_105c_11_354_0_html/AC105_C1_L354R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [8] Pavlova E.A., Zakhvatkin M.V., Streltsov A.I., Elenin L.V., Zhornichenko A.A., Voropaev V.A. Obespechenie bezopasnosti poletov vysokoorbitalnykh kosmicheskikh apparatov [Ensuring the flight safety of high-orbit spacecraft]. In: *Sb. tr. Vserossiyskoy nauch. konf. «Kosmicheskii musor: fundamentalnye i prakticheskie aspekty ugrozy»* [Collection of Proceedings of the All-Russian Scientific Conference “Space Debris: Fundamental and Practical Aspects of the Threat”]. Space Research Institute of the RAS Publ., Moscow, 2019, pp. 131–138. DOI: 10.21046/spacedebris2019-131-138
- [9] Pavlova E.A., Zakhvatkin M.V., Streltsov A.I., Voropaev V.A., Elenin L.V. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 2021, vol. 59, no. 2, pp. 126–134. DOI: 10.31857/S0023420621020084
- [10] *GOST R 52925–2018. Izdeliya kosmicheskoy tekhniki. Obschie trebovaniya k kosmicheskim sredstvam po ogranicheniyu tekhnogennogo zasoreniya okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva* [State Standard. R 52925–2018. Space technology products. General requirements for space vehicles to limit man-made debris in near-earth space]. Moscow, Standartinform Publ., 2018, 11 p.
- [11] Mery, prinimaemye kosmicheskimi agentstvami dlya snizheniya tempov obrazovaniya kosmicheskogo musora ili ego potentsialnoy opasnosti [Measures

- taken by space agencies to reduce the rate of generation of space debris or its potential hazard]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 1995. Available at: https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_620R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [12] Safety & Security. Active debris removal. *The European Space Agency*. Available at: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Active_debris_removal (accessed April 12, 2021).
- [13] Intelsat-901 Satellite Returns to Service Using Northrop Grumman's Mission Extension Vehicle. *Northrop Grumman*. Available at: <https://news.northropgrumman.com/news/releases/intelsat-901-satellite-returns-to-service-using-northrop-grummans-mission-extension-vehicle> (accessed April 12, 2021).
- [14] Loginov S.S., Usovik I.V., Yakovlev M.V., Obukhov V.A., Popov G.A., Svotina V.V., Vilkov Yu.V., Kirilov V.A., Popov V.V. *Kosmonavtika i raketostroenie — Cosmonautics and Rocket Engineering*, 2017, no. 5 (98), pp. 28–36.
- [15] Kessler D.J., Cour-Palais B.G. Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt. *Journal of Geophysical Research*, 1978, vol. 83, no. A6, pp. 2637–2646.
- [16] *Vse o kosmose — All About Space*, 2018. Available at: <https://aboutspacejournal.net/2018/01/29/мини-чернобыли-на-орбите/> (accessed April 12, 2021).
- [17] Voprosy, kasayuschiesya opredeleniya i delimitatsii kosmicheskogo prostranstva: otvety gosudarstv-chlenov [Problems relating to the assessment and delimitation of outer space: responses from member states]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2012. Available at: https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_889Add10R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [18] Dogovor o zapreschenii ispytaniy yadernogo oruzhiya v atmosfere, kosmicheskom prostranstve i pod vodoy [Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, Outer Space and Under Water]. *UN*, 1963. Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/nuclear_seabed.pdf (accessed April 12, 2021).
- [19] Voprosy, kasayuschiesya suborbitalnykh poletov dlya resheniya nauchnykh zadach i/ili passazhirskikh perevozok [Problems related to suborbital flights for scientific purposes and / or passenger transport]. *Komitet po ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva v mirnykh tselyakh* [Committee on the Peaceful Uses of Outer Space]. Vienna, 2013. Available at: https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_1039Add02R.pdf (accessed April 12, 2021).
- [20] Matters relating to the definition and delimitation of outer space. *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Legal Subcommittee*. Vienna, 2014. Available at: https://www.unoosa.org/pdf/limited/c2/AC105_C2_2014_CRP06E.pdf (accessed April 12, 2021).
- [21] Asteroid (99942) Apophis Observation Campaign. Available at: https://script.google.com/macros/s/AKfycbxFDE4F9NBzZg8SNxGYI_Jt1FFq0XliATXykqNsv6g1Cx23jRt/exec?target=99942 (accessed April 12, 2021).
- [22] Muelhaupt T. Space traffic management in the new space era. *The Journal of Space Safety Engineering*, 2019, vol. 6, pp. 80–87.

- [23] Popova S.M. *Issledovaniia kosmosa (Space Research)*, 2018, no. 2, pp. 144–174. DOI: 10.7256/2453-8817.2018.2.28631
- [24] Trump D. Space Policy Directive-3. *National Space Traffic Management Policy*, 2018. Available at:
https://aerospace.org/sites/default/files/policy_archives/Space%20Policy%20Directive%203%20-%20STM%2018Jun18.pdf (accessed April 12, 2021).

Pavlova E.A., Senior Engineer, Keldysh Institute of Applied Mathematics. Research interests: space debris, man-made debris, space industry management, asteroid-comet hazard, safety of space activities in near-earth space. e-mail: elenae312@gmail.com

Voropaev V.A., Lead Engineer, Keldysh Institute of Applied Mathematics. Research interests: space debris, man-made debris, long-term sustainability of outer space activities, optical monitoring of near-earth space. e-mail: voropaev@live.ru