

«SPACE KAMIKAZES» WILL HELP DEFENCE THE EARTH

ЗАЩИТИТЬ ЗЕМЛЮ ПОМОГУТ «КОСМИЧЕСКИЕ КАМИКАДЗЕ»

Anatoly V. ZAITSEV,
Honorary Member, The Russian Academy of
Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky;
Academician, International Futures Research
Academy (IFRA); CEO, Planetary Defence
Centre NPP, Khimki, Russia,
zav-y@yandex.ru



Анатолий Васильевич ЗАЙЦЕВ,
почетный член Российской академии
космонавтики имени К.Э. Циолковского
(РАКЦ), академик Международной академии
исследований будущего (МАИБ), генеральный
директор НП «Центр планетарной защиты»,
Химки, Россия,
zav-y@yandex.ru

ABSTRACT | The article provides a justification for the possibility of using some artificial earth satellites and spacecraft that are being prepared for launch to exert a kinetic impact on asteroids and comet nucleus in order to destroy them. This will prevent catastrophic collisions with the Earth of celestial bodies ranging in size from tens to hundreds of meters. Suggestions are given on how to prepare for the use of this method.

Keywords: *asteroid-comet hazard, planetary defence, dangerous celestial body, planetary defence, kinetic impact, artificial earth satellite*

АННОТАЦИЯ | Обоснованы возможности использования некоторых искусственных спутников Земли и готовящихся к запуску космических аппаратов для оказания кинетического воздействия на астероиды и ядра комет с целью их разрушения. Это позволит предотвратить катастрофические столкновения с Землей небесных тел размером от десятков до сотен метров. Даются рекомендации по подготовке к применению данного метода.

Ключевые слова: *астероидно-кометная опасность, опасное небесное тело, планетарная защита, кинетическое воздействие, искусственный спутник Земли*

ВВЕДЕНИЕ

Наличие угрозы катастрофических столкновений с нашей планетой астероидов и ядер комет уже не вызывает сомнений, как и необходимость и возможность создания средств защиты от нее. Однако после более чем трех десятилетий, прошедших с момента осознания этой угрозы, человечество так и не создало систему планетарной защиты (СПЗ) [1], хотя все необходимые для этого технологии имеются.

Наблюдения за космическим пространством показывают, что вблизи Земли движутся буквально рои астероидов. Ежегодно обнаруживается около 2000 астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), а около 200 из них пролетают в сфере притяжения нашей планеты. Поэтому в любой момент можно ожидать повторения события, подобного челябинскому, и, может быть, с более тяжелыми последствиями. Но даже в случае заблаговременного обнаружения опасного небесного тела (ОНТ) единственное, что можно сделать пока, — это попытаться эвакуировать население из предполагаемой зоны поражения или укрыть его в убежищах [2]. При этом невозможно будет спасти от разрушения объекты инфраструктуры, включая потенциально опасные техногенные объекты, такие как атомные, химические и т. п.

Однако, как показывают приведенные в данной работе оценки, ситуация не совсем безнадежна. Оказывается, даже без создания специальной СПЗ у нас все же есть некоторые шансы защититься от относительно небольших астероидов и ядер комет размером от десятков (Челябинский и Тунгусский метеориты) и до сотен метров.

МЕТОД «КОСМИЧЕСКИЙ КАМИКАДЗЕ»

Поскольку небольшие ОНТ могут быть обнаружены в основном уже на подлете к Земле, единственным вариантом защиты является их разрушение на мелкие фрагменты, которые сгорят в атмосфере, не нанося ущерба обитателям нашей планеты. Для этого необходимо обеспечить их перехват и разрушение с помощью космических аппаратов – перехватчиков (КА-перехватчиков) [3]. Но, поскольку такие КА до сих пор не созданы, в критической ситуации можно будет попытаться использовать для нанесения удара по ОНТ с целью его разрушения один или несколько функционирующих искусственных спутников Земли (ИСЗ) или же готовые к запуску КА, находящиеся на космодромах. То есть использовать их в роли своеобразных «космических камикадзе», пожертвовав ими ради защиты нашей планеты.

РИС. 1. Искусственные объекты в ОКП (Credit: NASA ODPO)

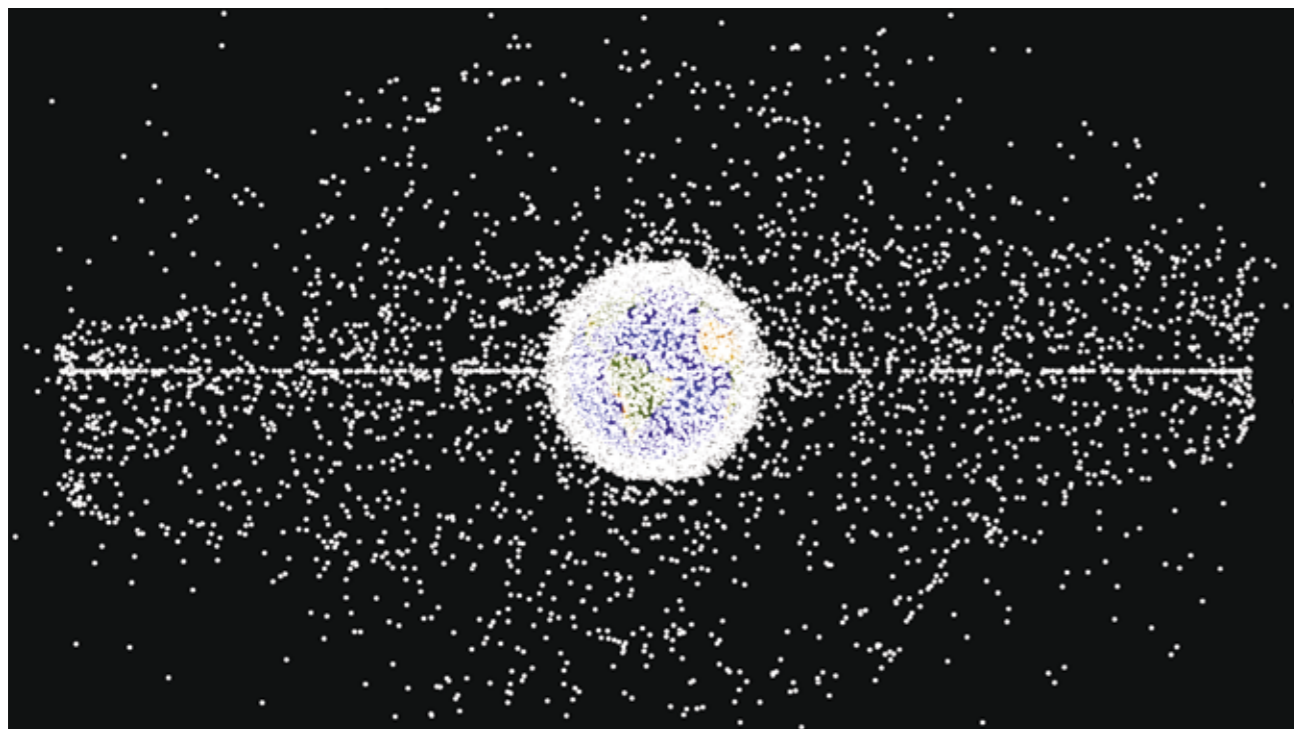


ТАБЛИЦА 1

Орбита	Высота, км	Количество спутников
Низкая	200 ÷ 2000	1918
Средняя	20 000	135
Высокоэллиптическая	≥40 000	59
Геостационарная	36 000	554
		Итого: 2666

Конечно, это непростая задача. Для ее решения необходимо, во-первых, чтобы в околоземном космосе нашелся хотя бы один ИСЗ, орбита которого проходит относительно близко к прогнозируемой траектории ОНТ. Причем этот ИСЗ должен иметь двигательную установку с достаточным запасом топлива для осуществления маневра перехвата. Также он должен быть достаточно массивным, чтобы оказать существенное воздействие на ОНТ. А для обеспечения столкновения с ним необходимо будет обеспечить соответствующую точность измерения траекторий обоих объектов. Кроме того, потребуются решить и ряд других проблем, причем не только технического характера, например, необходимость получения согласия государства или организации, владеющих ИСЗ или готовящимся к запуску КА, на использование его для защиты от ОНТ.

Рассмотреть весь спектр проблем в рамках одной статьи не представляется возможным. Поэтому основной упор сделан на оценку принципиальной возможности выбора из числа действующих ИСЗ и готовящихся к запуску объектов таких, которые можно будет использовать для целей планетарной защиты, а также на оценке размеров ОНТ, которые с их помощью можно будет разрушить.

КОСМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЛАНЕТАРНОЙ ЗАЩИТЫ

В настоящее время в околоземном космическом пространстве (ОКП) движется огромное число действующих и вышедших из строя ИСЗ, последних ступеней ракет-носителей и фрагментов разрушившихся объектов – космического мусора (рис. 1). Согласно данным Европейского космического агентства [4] число объектов размером более 0,1 метра составляет около 34 000.

Среди них, по данным Союза заинтересованных ученых (Union of Concerned Scientists) на 01 апре-

ля 2020 года, имеется 2666 действующих спутников различного назначения [5]. Большинство из них — около полутора тысяч — находятся на низких орбитах, высотой от 200 до 2000 км, и более полутысячи — на геостационарной орбите (табл. 1).

В их число входят спутники связи, навигации, метеорологические, научные, военные и другие. Многие из этих спутников, для поддержания устойчивости их орбит, а в ряде случаев и для их изменения, оснащены корректирующими двигательными установками. Следовательно, существует вероятность того, что среди них может оказаться хотя бы один аппарат, который может быть переведен на траекторию столкновения с ОНТ. Массы этих ИСЗ лежат в диапазоне примерно от 1 тонны до 417 тонн. Такую большую массу имеет Международная космическая станция (МКС).

Кроме того, с различных космодромов Земли в течение года осуществляется около 100 пусков ракет-носителей (РН) от легкого до тяжелого классов [6]. Таким образом, при столь высокой частоте запусков практически в любой момент времени на космодромах планеты находится хотя бы одна РН в достаточно высокой степени готовности к запуску. Эти РН способны выводить на низкие опорные орбиты высотой около 200 км полезные нагрузки массой от нескольких тонн до 63,8 тонны (Falcon Heavy, США). И эти нагрузки — спутники вместе с последними ступенями РН или разгонными блоками — также можно будет использовать для нанесения удара по ОНТ. Конечно, для этого необходимо быть готовыми не только оперативно изменить их полетные задания, но и решить ряд других технических и организационных вопросов.

Итак, в случае заблаговременного обнаружения ОНТ у человечества могут быть шансы организовать защиту от них, используя для их перехвата и разрушения некоторые из действующих ИСЗ или аппараты, готовящиеся к запуску.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИНЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОНТ

Изучению возможности разрушения ОНТ с помощью гиперскоростного удара посвящено множество теоретических и экспериментальных исследований. В них учитываются скорость соударения, свойства вещества мишени и ударника, их форма и другие параметры. В данной работе для проведения предварительных оценок воспользуемся упрощенной методикой, учитывающей только кинетическую энергию удара.

Как показано в работе [7], приближенно можно считать, что предельный диаметр астероида, который может быть разрушен с помощью кинетического воздействия, примерно в два раза превышает глубину кратера, образующегося на небесном теле. А для определения глубины кратера H , образующегося в каменных астероидах при скоростях соударения более 10 км/с, воспользуемся полуэмпирической формулой, приведенной в работе [8]:

$$H=2(mV^2)^{1/3}$$

Здесь масса m измеряется в сотнях кг, а скорость V – в десятках км/с.

Так как большинство ИСЗ находится на низких орбитах, наиболее вероятно, что перехват будет осуществляться с их помощью. Скорости их движения составляют около 7,8 км/с. Скорости же астероидов и кометных ядер, движущихся по попадающим в Землю траекториям, на этих высотах составляют примерно от 12 до 72 км/с. Следовательно, относительные скорости столкновения ударника и ОНТ будут лежать в диапазоне примерно от 4 до 80 км/с, в зависимости от направления их движения.

Небольшие опасные небесные тела могут быть обнаружены в основном уже на подлете к Земле, поэтому единственным вариантом защиты является их разрушение на мелкие фрагменты, которые сгорят в атмосфере, не нанося ущерба обитателям нашей планеты.

На основе этих данных и используя приведенные выше сведения о массовых характеристиках ИСЗ, можно оценить диапазон размеров ОНТ, которые могут быть разрушены с их помощью. Результаты расчетов, выполненных на основе этих исходных данных, приведены на рис. 2.

Из них следует, что с помощью кинетического воздействия ударником массой в 1 тонну можно

разрушить ОНТ размером примерно от 10 до 35 метров. А ударники массой 50 тонн могут разрушить объекты размером от 30 до 130 метров. Если же придется пожертвовать МКС, то можно будет разрушить объект размером от 65 до 250 метров. Данные оценки справедливы для каменных ОНТ. А поскольку ядра комет имеют меньшую плотность и прочность, очевидно, что размеры разрушенных кометных ядер будут больше.

После разрушения ОНТ его фрагменты уже не будут представлять опасности, поскольку они сгорят в атмосфере Земли. Причем, если даже ОНТ не будет полностью разрушено, повысится вероятность его разрушения при движении в атмосфере и, следовательно, снизится риск поражения наземных объектов.

Несмотря на относительно скромные размеры разрушаемых объектов, предлагаемый метод может оказаться достаточно эффективным. Дело в том, что вероятность падения небольших объектов наиболее высока, поскольку они составляют подавляющее большинство от общего числа АСЗ. Согласно оценкам, приведенным в [9], количество АСЗ размером более 10 метров составляет примерно 100 миллионов, а размером более 100 метров – около 320 тысяч. Следовательно, небольшие, но тем не менее опасные астероиды составляют более 99% от общего числа АСЗ.

Данный метод также может быть использован как подстраховочный вариант, если при разрушении крупных ОНТ с помощью штатных средств будущей СПЗ останутся фрагменты примерно декаметрового размера.

Еще более эффективным метод кинетического разрушения может стать при использовании отработавших космических средств – ИСЗ, разгонных блоков и т.п. Для этого необходимо будет собрать их в специальные ударные модули. Например, сейчас на орбите захоронения, расположенной на 200 км выше геостационарной орбиты, находится около 1000 отработавших объектов. Следовательно, масса собранных из них модулей может достигать от сотен до тысячи тонн. Это позволит с их помощью, как показано в работе [10], разрушать даже объекты километрового масштаба.

В целях реализации этой идеи потребуется, помимо создания сборщиков космического мусора для формирования ударных модулей, разработать и создать специальные КА со средствами наведения и с запасами топлива, позволяющими переводить эти модули на траекторию перехвата. Эти КА могут находиться на Земле, а в случае необходимости они будут запускаться к ударным модулям, стыковаться с ними и затем направлять их на перехват ОНТ. А отработывать техно-

Рис. 2. Размеры ОНТ, разрушаемых при ударе



Метод кинетического разрушения может стать еще более эффективным при использовании отработавших космических средств.

логии кинетического воздействия на ОНТ можно будет, например, в ходе осуществления многоцелевых экспедиций к астероидам, пролетающим вблизи Земли [11], используя снимаемые с вооружения межконтинентальные баллистические ракеты [12]. Это позволит в кратчайшие сроки и с минимальными затратами подготовиться к отражению космической угрозы.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ

Одной из самых серьезных проблем, которые надо решить для реализации предлагаемого метода защиты от астероидно-кометной опасности (АКО), является обеспечение очень высокой точности измерения и прогнозирования траекторий ОНТ и ударника. Это важно по той причине, что на борту ударника, скорее всего, не будет специальных средств наведения и управления перехватом. За исключением, возможно, аппаратов военного назначения. Поэтому они будут заблаговременно наводиться в так называемую упрежденную точку, где их и ОНТ траектории будут пересекаться. Следовательно, допустимые отклонения должны измеряться метрами.

Интервал времени от момента обнаружения декаметровых объектов до их подлета к Земле лежит в диапазоне от нескольких часов до нескольких суток. Поэтому все необходимые для реализации кинетического метода службы контроля и управления должны быть готовы к работе в условиях цейтнота.

Современные средства командно-измерительных комплексов обеспечивают такую точность измерений для космических аппаратов. А для ОНТ необходимо будет использовать планетарные радиолокаторы и лазерные средства измерений.

Как показывает опыт работы существующих средств обнаружения ОНТ, интервал времени от момента обнаружения декаметровых объектов до их подлета к Земле лежит в диапазоне от нескольких часов до нескольких суток. Поэтому все необходимые для реализации предлагаемого метода службы контроля и управления должны быть готовы к работе в условиях цейтнота. Для этого необходимо начать и регулярно проводить специальные учения, причем на международном уровне. Безусловно, это потребует разработки и принятия соответствующего международно-правового обеспечения.



ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ввиду того, что человечество уже более 30 лет не озаботилось созданием системы планетарной защиты от АКО при наличии необходимых технологий для этого, единственным шансом защититься от нее пока остается использование некоторых ИСЗ или готовящихся к запуску КА в качестве ударников (своеобразных «космических камикадзе») для кинетического разрушения ОНТ.

2. Применение этого метода позволит разрушать ОНТ размером от десятков до сотен метров, то есть более 99% от общего числа астероидов, сближающихся с Землей.

3. Для обеспечения высокой степени готовности к применению данного метода необходимо провести учет всех ИСЗ, пригодных для целей планетарной защиты.

4. В целях обеспечения правового регулирования вопросов применения космических объектов в качестве средств для разрушения ОНТ необходимо разработать международно-правовые нормы, в частности обязывающие их владельцев:

- предоставлять информацию об этих объектах и применять их в случае возникновения космической угрозы;

- начать и регулярно поводить международные учения по защите от гипотетических ОНТ.

5. Для повышения эффективности применения кинетических средств защиты от ОНТ необходимо создать специальные космические аппараты для сбора отработавших космических объектов и объединения их в ударные модули, а также для последующего перевода их на траектории перехвата ОНТ.

Литература

1. **Зайцев А. В.** Предложения по созданию системы предотвращения столкновений Земли с астероидами и кометами (переориентация работ проводимых в рамках программы СОИ на мирные цели) // Докладная записка Генеральному секретарю ЦК КПСС № 629203 от 20.10.1986 г. НИЦ им. Г.Н.Бабакина, 1986. 17 л.

2. **Deryugin V.A., Zaitsev A.V., Larionov V.I., Makhutov N.A., Taranov A.A., Shor V.A.** Predicting and protecting Earth from cosmic collisions // ROOM. 2015. № 4(6). Pp. 16 – 19.

3. **Зайцев А.В.** Некоторые принципы построения системы предотвращения столкновений Земли с астероидами и кометами. Труды XXIII чтений К.Э. Циолковского (Калуга, 13-16 сентября 1988 г.). Секция «Проблемы ракетной и космической техники». М.: ИИЕТ АН СССР, 1989. С. 141 – 147.

4. Space debris by the numbers. URL: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers (Дата обращения: 12.07.2020).

5. UCS Satellite Database. URL: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (Дата обращения: 12.07.2020).

6. Список космических запусков в 2019 году [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_космических_запусков_в_2019_году (Дата обращения: 12.07.2020).

7. **Григал П.В., Замышляев Б.В., Любимов А.Г., Комаров А.С., Родионов С.Н., Таранов А.А., Чистов В.Г.** Об использовании кинетической энергии удара для разрушения астероида // Известия Челябинского научного центра. Космическая защита Земли. Снежинск, ВНИИТФ, 1997. С. 194 – 200.

8. **Петров Д.В., Симоненко В.А., Шубин О.Н.** Способы экспериментального исследования свойств астероидов при космических миссиях // Известия Челябинского научного центра. Космическая защита Земли. Снежинск, ВНИИТФ, 1997. С. 127 – 131.

9. **Rabinowitz D.L., Howell E., Shoemaker E.M., Muinonen K.** The population of Earth-crossing asteroids // Hazards due to comets and asteroids. University of Arizona press, Tucson-London, 1994. Pp. 285 – 312.

10. **Симонов И.В.** О целесообразности использования космических техногенных отходов для уменьшения астероидно-кометной опасности. ДАН РАН. 1997. Т. 355. № 2. С. 196 – 199.

11. **Зайцев А.В., Петров Д.В., Ногин В.Н., Елсуков В.П., Краснослабодцев Д.А., Симоненко В.А., Сорока А.И.** Многоцелевые экспедиции к астероидам, пролетающим вблизи Земли // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2. С. 22 – 29.

12. **Бакланов О.Д., Бублий В.П., Галимов Э.М., Дремов В.В., Зайцев А.В., Махутов Н.А., Симоненко В.А.** «Воевода» на страже планеты // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2. С. 32 – 39.

References

1. **Zaytsev A.V.** Predlozheniya po sozdaniyu sistemy predotvrashcheniya stolknoveniy Zemli s asteroidami i kometami (pereorientatsiya rabot provodimykh v ramkakh programmy SOI na mirnye tseli). Dokladnaya zapiska General'nomu sekretaryu TsK KPSS no. 629203, October 20, 1986. NITS imeni G.N.Babakina, 1986. 17 p.

2. **Deryugin V.A., Zaitsev A.V., Larionov V.I., Makhutov N.A., Taranov A.A., Shor V.A.** Predicting and protecting Earth from cosmic collisions. ROOM, 2015, no. 4(6), pp. 16 – 19.

3. **Zaytsev A.V.** Nekotorye printsipy postroeniya sistemy predotvrashcheniya stolknoveniy Zemli s asteroidami i kometami. Trudy XXIII chteniy K.E. Tsiolkovskogo (Kaluga, 1988, September 13 – 16). Moscow, Academy of Sciences USSR, 1989, pp. 141 – 147.

4. Space debris by the numbers. Available at: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers (Retrieval date: 12.07.2020).

5. UCS Satellite Database. Available at: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (Retrieval date: 12.07.2020).

6. Spisok kosmicheskikh zapuskov v 2019 godu. Wikipediya – svobodnaya entsiklopediya. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Spisok_kosmicheskikh_zapuskov_v_2019_godu (Retrieval date: 12.07.2020).

7. **Grigal P.V., Zamyshlyayev B.V., Lyubimov A.G., Komarov A.S., Rodionov S.N., Taranov A.A., Chistov V.G.** Ob ispol'zovanii kineticheskoy energii udara dlya razrusheniya asteroida. Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra. Kosmicheskaya zashchita Zemli, Snezhinsk, VNIITF, 1997, pp. 194 – 200.

8. **Petrov D.V., Simonenko V.A., Shubin O.N.** Sposoby eksperimental'nogo issledovaniya svoystv asteroidov pri kosmicheskikh missiyakh. Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra. Kosmicheskaya

zashchita Zemli, Snezhinsk, VNIITF, 1997, pp. 127 – 131.

9. **Rabinowitz D.L., Howell E., Shoemaker E.M., Muinonen K.** The population of Earth-crossing asteroids. Hazards due to comets and asteroids. University of Arizona press, Tucson-London, 1994, pp. 285 – 312.

10. **Simonov I.V.** O tselesoobraznosti ispol'zovaniya kosmicheskikh tekhnogennykh otkhodov dlya umen'sheniya asteroidno-kometnoy opasnosti. DAN RAN, 1997, vol. 355, no. 2, pp. 196 – 199.

11. **Zaytsev A.V., Petrov D.V., Nogin V.N., Elsuikov V.P., Krasnoslabodtsev D.A., Simonenko V.A., Soroka A.I.** Mnogotselevye ekspeditsii k asteroidam, proletayushchim vblizi Zemli. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 22 – 29.

12. **Baklanov O.D., Bublik V.P., Galimov E.M., Dremov V.V., Zaytsev A.V., Makhutov N.A., Simonenko V.A.** "Voevoda" na strazhe planety. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 2, pp. 32 – 39.

© Зайцев А.В., 2020

История статьи:
Поступила в редакцию: 21.07.2020
Принята к публикации: 16.08.2020

Модератор: Геесс Л.А.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Зайцев А.В. Защитить Землю помогут «космические камикадзе» // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 44 – 51.