

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Холопкина А.А.

г.о. Королёв Московской области, МБОУ «СОШ №20», 9 «Б» класс

Руководитель: Николаева И.И., г.о. Королёв Московской области, МБОУ «СОШ №20»,
учитель химии

Актуальность проекта. Освоение космоса вот уже более 60 лет приносит огромную практическую пользу, но вместе с тем, при запуске современных космических ракет-носителей и других аппаратов, в атмосферу выделяется большое количество тепла и вредных веществ, которые отрицательно влияют на состояние земной и околоземной среды.

Основные виды антропогенного воздействия на околоземное космическое пространство:

- Тепловое загрязнение;
- Радиоактивное загрязнение;
- Химическое загрязнение;
- Загрязнение космическим мусором [2].

Цель, задачи и гипотезы проекта

Цель проекта. Теоретически обосновать, какие экологические проблемы присутствуют в космическом пространстве, и изучить способы по их минимизации.

Задачи проекта:

1. Рассмотреть состояние проблемы на основе анализа надежных информационных источников (таких как научная литература, РИА (Российское агентство международной информации), Информационное агентство России «ТАСС», NASA и др.)

2. Выявить содержание понятия «экологические проблемы космического пространства» и представить данные, дающие представления о масштабах проблемы.

3. Предложить пути решения проблемы загрязнения космического пространства

(см. в разделе «Выводы, практические рекомендации и заключение» пункт 5).

4. Ознакомить обучающихся школы с результатами работы и представить проект Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке».

Гипотезы

Гипотеза №1: Экологические проблемы на Земле и экология космического пространства взаимосвязаны.

Гипотеза №2: Проблема загрязнения космического пространства мусором может принять масштаб катастрофы.

Гипотеза №3: Возможность избавления от космического мусора существует.

Тепловое загрязнение

Разогрев ионосферы и магнитосферы

Из антропогенных воздействий на околоземное космическое пространство одним из важных является разогрев ионосферы, в которой происходит поглощение части энергии электромагнитного излучения радиопередающих систем. Ионосфера Земли – это слой атмосферы, который подобно пузырьку с герметичной мембраной защищает нашу планету от губительных лучей радиации Солнца [4]. Из-за разогрева ионосферы в ней образуются области с пониженной концентрацией электронов («дыры»).



Рис. 1



Рис. 2

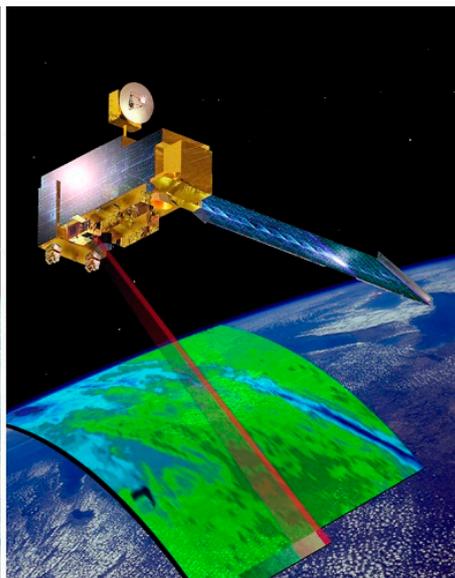


Рис. 3

Источниками искусственных радиоизлучений, хотя и малой интенсивности, являются спутники и другие космические аппараты, вращающиеся вокруг Земли.

На основании имеющихся данных можно полагать, что «экологическая нагрузка» радиоизлучающих средств на ионосферу в настоящее время невелика. Если нелинейные явления при воздействии мощных ВЧ- и СВЧ-радиоволн проявляются преимущественно в ионосфере, то воздействие мощных низкочастотных излучений особенно заметно в магнитосфере [7].

Антропогенное влияние на климат

Большой коралловый риф

Коралловые рифы – это крупнейшие в мире структуры, созданные на протяжении 250 млн. лет естественным путем живыми существами. [3] Рифам мешает повышение температур океанических вод, промышленное загрязнение, избыточный рыбный промысел, увеличение количества осадочных пород и концентрации кислот.

На сегодняшний день известно, что 20% мировых коралловых рифов уже вымерли.

Коралловые рифы играют важную роль в поддержании экологического и климатического равновесия на всей планете. Они концентрируют в себе карбонаты, а, значит, и углерод. Температурный режим на планете зависит от соотношения атмосферного углекислого газа и углерода, растворенного в Мировом океане. Поэтому массовая ги-

бель кораллов, несомненно, повлечёт увеличение концентрации углерода в воде, и, соответственно, климатические изменения.



Рис. 4



Рис. 5

Таяние ледников

К причинам таяния ледников все ученые относят пренебрежительное отношение к природе. Вырубка лесов, колоссальные объемы выхлопов, загрязнение почвы, воды и воздуха – все, что в итоге привело к развитию парникового эффекта. Специалисты строят самые печальные прогнозы:

К 2040 году Антарктида полностью останется безо льда.

Повышение средней температуры на планете на 2,5 градуса, наблюдаемое в последние 50 лет, приводят к повышению уровня Мирового океана.

Ледниковый покров тает, тем самым увеличиваются объемы водяных паров в атмосфере. Это приводит к усилению парникового эффекта, который, в свою очередь, и влияет на разрушения ледников – настоящий замкнутый круг.



Рис. 6



Рис. 7

3. Радиоактивное загрязнение

Радиоактивное заражение местности – заражение местности радиоактивными веществами, приводящее к повышению уровня радиации до опасных для человека значений (свыше 30 мкР/ч).

К радиоактивному заражению местности приводит выпадение радиоактивных веществ с атмосферными осадками и их перенос с грунтовыми водами после:

- боевого применения или испытания ядерного оружия,
- аварий связанных, с повреждением или разрушением активной зоны ядерных реакторов, хранилищ радиоактивных материалов на них,
- в результате утечки радиоактивных отходов с предприятий, занимающихся их хранением или утилизацией.



Рис. 8

Радиоактивное загрязнение поверхности Земли происходит также при падении спутников с ядерными установками.

Радиоактивное загрязнение атмосферы чрезвычайно опасно, так как радионуклиды с воздухом попадают в организм и поражают жизненно важные органы человека. Его влияние сказывается не только на ныне живущих поколениях, но и на их потомках за счет появления многочисленных мутаций.

Наибольшее загрязнение атмосферы происходит при взрывах термоядерных устройств. Изотопы, образующиеся при этом, становятся источником радиоактивного распада в течение длительного времени. Самые опасные изотопы стронция-90 [5] (период полураспада 25 лет) и цезия-137 [6] (период полураспада 33 года).

Радиоактивное заражение приземного слоя атмосферы, воздушного пространства, местности происходит за счёт радиоактивных веществ, выпадающих из облака ядерного взрыва.



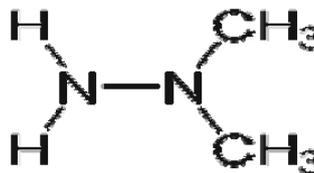
Рис. 9

...Небольшое отступление от темы

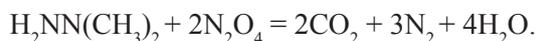
Первая в мире атомная электростанция была построена в городе Обнинск Калужской области более 60 лет назад, и была невероятным прорывом, который показал, что в мире существует место для мирной ядерной энергетики. АЭС в Обнинске пробывала в эксплуатации с 1954 по 2002 год без единой аварии, она стала моделью стабильности, которой многие сегодняшние атомники стараются подражать. Когда-то атомная электростанция была первой в мире, а сейчас она работает как музейный комплекс.

газообразных химических продуктов. Современные ракеты имеют жидкостные двигатели (у российского «Протона») и твердотопливные (у американского «Шаттла»).

В ракете-носителе «Протон» в качестве горючего используется несимметричный диметилгидразин, а в качестве окислителя – тетраоксид диазота.



Структурная формула несимметричного диметилгидразина



Уравнение реакции несимметричного диметилгидразина и тетраоксида диазота

В современных твердотопливных двигателях большой мощности чаще всего применяют смесь перхлората аммония (NH_4ClO_4) в качестве окислителя с алюминием и кау-



Фото 1. Автор фото: Холопкин А.М.

Отец и дедушка автора проекта работали операторами пульта управления ядерным реактором на Обнинской АЭС.

Да и сам автор проекта родилась в городе мирного атома.

4. Химическое загрязнение

Реактивные двигатели ракет при работе в околоземном космическом пространстве выделяют огромную массу различных

чуками. Основные продукты их выброса – вода и диоксид углерода.

Так, в результате пролета одной ракеты «Протон» в космос поступает 100 тонн H_2O (воды) и 90 тонн CO_2 (углекислого газа), для «Шаттла» эти данные такие – 470 тонн H_2O и 110 тонн CO_2 .

За счет сжигания топлива разных видов на Земле в атмосферу сейчас ежегодно по-

стует 20 млрд. тонн CO_2 и 700 млн. тонн других газообразных соединений и твердых частиц, в том числе 150 млн. тонн сернистого газа (SO_2). Этот газ, соединяясь с атмосферной влагой ($\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$), образует серную кислоту (H_2SO_4), что может приводить к выпадению так называемых кислотных дождей, отрицательно влияющих на растительный и животный мир.



Рис. 10. Российский «Протон»



Рис. 11. Американский «Шаттл»

5. Загрязнение мусором космического пространства

5.1. Причины появления космического мусора

В результате запусков и функционирования различных космических аппаратов в космосе накапливается огромное количество

отработавших свой ресурс спутников, ракет, маневровых ступеней, различных защитных оболочек, отслоившихся частиц краски и прочее.



Рис. 12

Космический мусор – это все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям [10]. Но они являются опасным фактором воздействия на действующие космические аппараты. Фрагмент диаметром даже в 1 см, двигающийся со скоростью 10 км/с по эллиптической орбите вокруг Земли, может пробить противометеоритную защиту МКС, что приведет к нарушению герметичности. Содержащие на борту опасные (ядерные, токсичные) материалы, объекты космического мусора могут представлять прямую опасность и для Земли при их неконтролируемом сходе с орбиты, неполном сгорании при прохождении плотных слоев атмосферы Земли и возможном попадании обломков на населенные пункты, промышленные объекты, транспортные коммуникации, сельскохозяйственные поля [1].

По данным ЦНИИМАШ, в околоземном пространстве, особенно на низкой орбите, находится огромное количество мелкого мусора, в том числе:

- более 23 000 бесполезных объектов диаметром свыше 10 см,
- сотни тысяч фрагментов диаметром от 1 см до 10 см,
- сотни миллионов частиц диаметром от 1 мм до 1 см,
- количество более мелкого космического мусора исчисляется миллиардами.

По расчетам специалистов ЦНИИМАШ, проведенным в первом квартале 2018 года, выявлено 7306 опасных сближений МКС, а также других космических аппаратов с потенциально опасными космическими объектами [16].

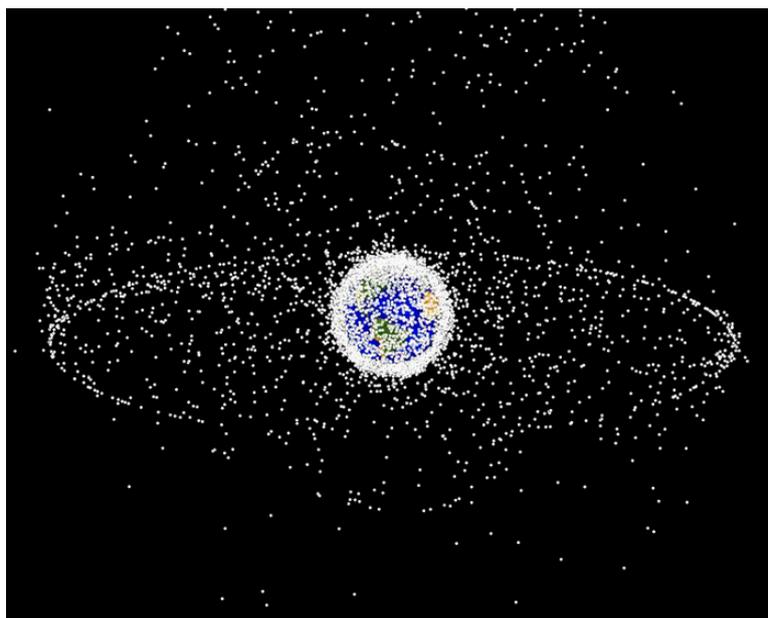


Рис. 13

Космический мусор на околоземных орбитах, т.е. остатки того, что успели запустить за последние 50 лет, можно представить следующим образом:

Эта компьютерная модель создана сотрудниками NASA

Две основные причины появления космического мусора на орбитах.

Во-первых, это остающиеся там «мертвые» аппараты. Например, спутник, запущенный на орбиту высотой 15 000 км, способен просуществовать на ней 10 000 лет [14].

Во-вторых, это космические аварии.

К примеру, когда в 1979 году падала американская орбитальная станция «Скайлэб», то она оставила «хвост» металлических и пластиковых осколков протяженностью более 1 000 км [8].

А в 1986 году в результате взрыва французской ракеты «Ариан», образовалось около 3000 обломков с габаритами, которые можно проследить наземными средствами, а более мелких – неисчислимо количество.

В феврале 2009 года произошло столкновение космических спутников над Сибирью – российского военного аппарата «Космос-2251» и американского аппарата Iridium-33 на высоте около 800 км. Столкнулись телекоммуникационные спутники, вес российского аппарата составлял 950 кг, вес американского – 560 кг. По американским данным, образовались два облака обломков,

на орбите находятся 500–600 фрагментов размером более 5 см [12].

5.2. «Вклад» стран в загрязнение околоземного пространства

Специальные Службы контроля космического пространства, функционирующая как в России, так и в США отслеживают заселенность околоземного пространства объектами искусственного происхождения.

Но, к сожалению, наблюдениям доступны далеко не все обломки, составляющие космический мусор. Наземные радиолокационные системы могут обнаруживать только те объекты, диаметр которых на высоте до 2 000 км составляет не менее нескольких сантиметров, оптическим же телескопам доступны объекты от 1 м на высотах в несколько десятков километров. Все остальные объекты находятся вне зоны контроля, хотя и их количество, и огромные скорости, с которыми они мчатся вокруг Земли, представляют для человеческой активности в космосе реальную опасность.

Мною проанализированы различные источники информации, в результате чего была представлена следующая диаграмма, позволяющая наглядно оценить «вклад» различных стран в засорение околоземного пространства крупными неуправляемыми объектами [9].

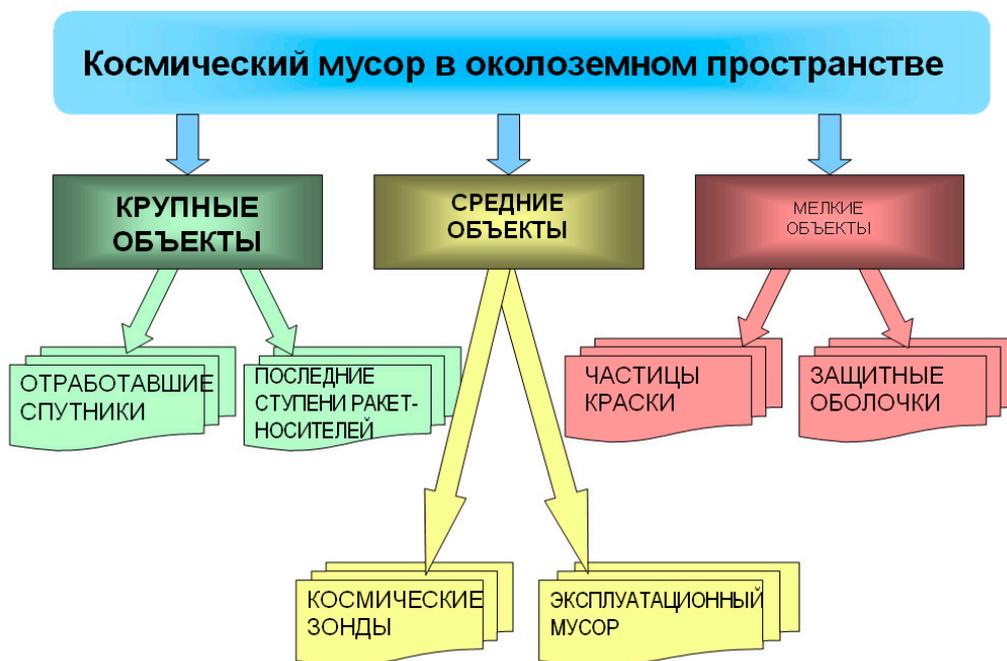


Количество космических держав будет неуклонно расти, и к программе космических исследований присоединятся новые участники. Все это неизбежно приведет к увеличению запусков ракет и выведению на орбиты новых космических объектов.

И как следствие, увеличение космического мусора.

5.3. Классификация космического мусора

На основании имеющихся сведений мною была составлена схема классификации космического мусора по его типу и размеру.



5.4. Способы избавления от космического мусора

В настоящее время очищение космоса происходит частично естественным путём – торможением обломков в верхних слоях атмосферы, где они и сгорают.



Рис. 14

Специалистами выдвигаются различные идеи избавления от космического мусора [18], некоторые из них прошли апробацию:

- отправка нашего орбитального мусора на другие планеты;
- мусор снимать с орбит с помощью специальных кораблей;
- создавать и выводить в космос специальные мусоросборники;
- перемещение мусора в менее занятые точки на той же или другой орбите;
- робот-уборщик космического мусора; [20]
- рефабрикатор – 3D-принтер, использующий в качестве сырья переработанный им же мусор; [13]
- возвращать мусор на Землю в грузовом отсеке корабля;
- развернуть космопорты для хранения крупных обломков;
- захват космического мусора при помощи сети; [17]
- специальный гарпун для вылавливания вышедших из строя искусственных спутников и космического мусора [15].

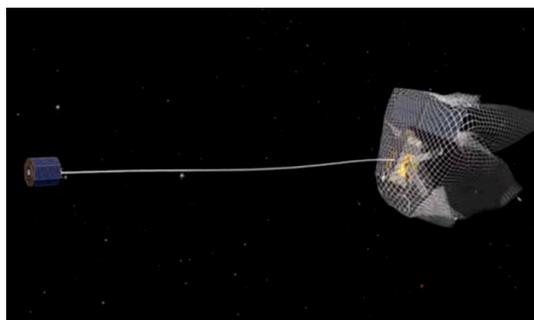


Рис. 15. Захват космического мусора при помощи сети

При столкновении спутника с мусором часто образуется новый мусор, что приводит к неконтролируемому росту засорённости космоса (так называемый синдром Кesslera). По моделям NASA, на низкой околоземной орбите уже с 2007 года было достаточно крупного мусора и спутников для начала этого синдрома.

Даже при условии полного прекращения космических запусков – количество мусора будет расти [11].

5.5. Способы защиты от космического мусора в космосе

Количество мусора в космосе стремительно растёт. Если в 80-х годах прошлого века речь шла о примерно 5 000 объектов, то в наши дни их число уже выросло примерно до 13 000. Причем эта цифра учитывает только обломки размером более 10 сантиметров, а с учетом более мелкого мусора эта цифра может возрасти до нескольких десятков миллионов, полагают японские эксперты.

При этом на низких орбитах отходы, возникшие в процессе освоения человеком космического пространства, несутся со скоростью, которая в десять раз превышает скорость пули – около 25 тыс. км в час. Поэтому их столкновение, например с Международной космической станцией, может привести к непоправимым последствиям.

Так в марте 2009 года экипажу Международной космической станции (впервые в истории МКС) пришлось эвакуироваться на пристыкованный космический корабль «Союз» из-за угрозы столкновения с космическим мусором. Во избежание столкновения с различными объектами в космосе на МКС используется программа «увода» станции от возможного столкновения.

Для защиты станции от мелких высокоскоростных частиц космического мусора и метеороидов применяют специальные экраны. Пробивая такой экран, обломок мусора разрушается и превращается в облако мелких осколков. Получающаяся «пыль» значительно менее опасна для обшивки модулей станции, чем удар исходной частицы [16].

Выводы, практические рекомендации и заключение

Цель моей работы достигнута. Все задачи выполнены. В начале работы над проектом я выдвинула гипотезу о взаимосвязанности экологических проблем на Земле и экологии космического пространства. Гипотеза подтвердилась. Экологические проблемы, такие как, тепловое загрязнение, радиоактивное и химическое загрязнение, наносят вред космическому пространству. Радиоактивные вещества в основном техно-

генного происхождения, влияют не только на окружающую среду, но и на жизнь самого человека, и на существование жизни в будущем. Загрязнение околоземного космического пространства имеет прямое влияние на климат планеты.

Следующая моя гипотеза, что проблема загрязнения космического пространства мусором может принять масштаб катастрофы, подтверждается статистическими данными из надежных источников, таких как РИА (Российское агентство международной информации), Информационное агентство России «ТАСС», NASA и др.

В третьей гипотезе я предположила существование возможности избавления от космического мусора. Возможно. Однако, потребуется недюжинная изобретательность и много терпения.

Я предлагаю следующие способы решения проблем:

- Установить новые международные стандарты.
- Начать делать спутники и космические станции более прочными.
- Усилить защиту от ударов (как космического мусора, так и метеорных тел).
- Оснастить спутники дополнительными системами управления.
- Отправить в космос специальный мусоросборник-ловушку многоцветного использования, в основе которого вязкая субстанция со слоями разной степени вязкости, чтобы увеличить вероятность застревания в нем космического мусора. Эта ловушка должна двигаться по орбите, которую необходимо очистить от мусора.

Следующая фотография демонстрирует модель придуманной мной ловушки.

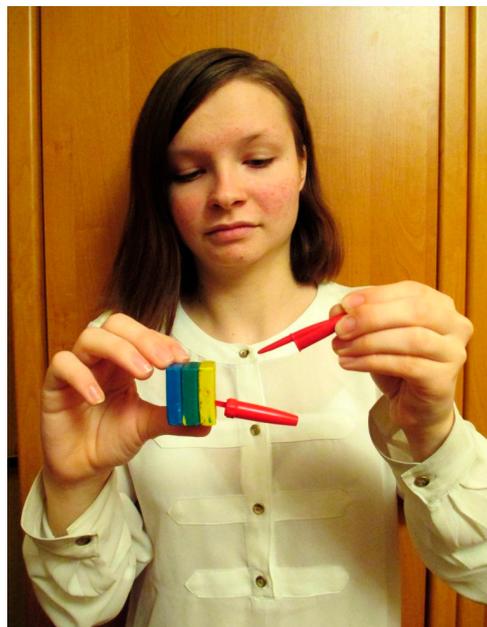


Фото 2. Автор фото: Николаева И.И.

В заключение хочу сказать, исходя из моих исследований, я пришла к выводу, что нужно минимизировать загрязнение и космического пространства, и Земли.

Обучающихся школы я ознакомила со своим проектом.

Данная работа может быть рекомендована к использованию на классных часах, уроках экологии, химии, астрономии и физики.



Фото 3. Автор фото: Николаева И.И.

Работа содержит 18 машинописных страниц, 2 схемы, 3 фотографии и 15 рисунков (рисунки взяты с сайта pixabay.com, предоставляющего изображения и видео без авторских прав).

Список литературы

1. Рыхлова Л.В. Проблема космического мусора / Л.В. Рыхлова // Земля и Вселенная. – 1993. – №6. – С. 36.
2. Фадин И.М. Экологические аспекты освоения космического пространства / И.М. Фадин // Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / под. ред. Н.И. Иванова и И.М. Фадина. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – С. 387–424 . .
3. https://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/4334/коралловые_рифы.
4. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/140766/ионосфера>.
5. https://dic.academic.ru/dic.nsf/genetics/12857/стронций_90.
6. https://dic.academic.ru/dic.nsf/genetics/2008/цезий_137.
7. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/2576/магнитосфера>.
8. http://encyclopedie_universelle.fracademic.com/177419/Skylab.
9. <https://indicator.ru/news/2017/10/22/strany-lidery-kosmicheskij-musor/>.
10. https://normative_reference_dictionary.academic.ru/29454/космический_мусор.
11. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100017146.pdf>.
12. <https://ria.ru/space/20140210/994117885.html>.
13. <https://tass.ru/kosmos/4532045>.
14. <https://tass.ru/kosmos/4920744>.
15. <https://tass.ru/kosmos/5037514>.
16. <https://tass.ru/kosmos/5391063>.
17. <https://tass.ru/plus-one/5599027>.
18. <http://theecology.ru/interesting/kosmicheskij-musor-problemyi-i-puti-resheniya>.
19. <https://www.iso.org/standard/57239.html>.
20. <https://www.newsru.com/world/16mar2009/kamikadze.html>.