

Научно-исследовательская работа

Астрономия

БЕРЕГИТЕ КОСМОС – СБЕРЕЖЁТЕ ЗЕМЛЮ.

Выполнила:

Никулина Екатерина Александровна

учащаяся 10а класса

МБОУ «Гимназия №1», Россия, г. Курчатов, Курская область

Руководитель:

Дубкова Камелия Петровна

Учитель астрономии и математики,

МБОУ «Гимназия №1», Россия, г. Курчатов, Курская область

Введение

Планета есть колыбель разума,
но нельзя вечно жить в колыбели.

К.Э.Циолковский

Люди часто употребляют слово космос в разных смыслах. Для одних - это место, куда летают космонавты на своих космических кораблях. Для других – всё, что не Земля. Наконец, некоторые, когда говорят о космосе, имеют в виду просто что-то очень - очень большое, колоссальное, часто даже совсем не относящееся к астрономии.

Употребляя это слово, я буду говорить о всей Вселенной, о том материальном мире, в котором мы живём. Древняя наука астрономия, изучающая Вселенную, имеет самый широкий предмет из всех наук. Она стремится познать все те порой очень удалённые от нас объекты, которые мы можем каким-то образом зарегистрировать приборами.

Оказывается, многие явления и процессы на Земле можно понять, только если и нашу родную планету рассматривать как космическое тело. Смена дня и ночи, чередование времён года, приливы и отливы и другие важные для человека природные события объяснимы только исходя из космической природы планеты Земля.

Но не только практические вопросы всегда волновали людей. С давних времен все интересовались экологическими проблемами Космоса, а также их влиянием на Землю.

Актуальность моего исследования: 2021 год-60-летие полета первого человека в Космос. Им был Юрий Алексеевич Гагарин. Что же изменилось в Космосе с первого полета до нашего времени? На данный момент самой глобальной проблемой является экология Космоса. Как же она влияет на нашу планету? После полета Гагарина все также запускаются множество ракет, спутников, станций. А повлияли ли они на околоземное пространство? Отразилось ли это на экологии Земли?

Цель исследования: изучить проблему загрязнения космоса, ее влияние на Землю. Узнать откуда ж возникает космический мусор, а также изучить способы решения проблемы экологии околоземного пространства.

Предмет - экологические проблемы

Объект - научные источники

Для достижения поставленной цели я поставила *следующие задачи:*

- 1) Исследовать экологию Космоса;
- 2) Проанализировать понятия "озоновые дыры", «космический мусор»;
- 3) Выявить способы решения проблемы экологии околоземного пространства;

Методы исследования: метод анализа, метод сравнения, опрос, метод поиска.

Практическая значимость: для уроков астрономии, для классного часа, для уроков биологии.

Основная часть

1. Космический мусор.

Исследования Солнца, планет, астероидов и других космических тел совершенствуются с каждым днём. Совершаются полеты, работает МКС (Международная космическая станция), запускаются ракеты, спутники, космические зонды и совершаются различные экспедиции на Марс, Венеру, Луну и так далее. Но всегда ли эти полёты бывают безопасными? Но так ли безвредны последствия запусков космических аппаратов для околоземного пространства?

Космический мусор - вот это является на данный момент глобальной проблемой, которую нужно решать незамедлительно, наряду с исследованиями и внедрением новых технологий в изучении космоса. Сейчас уже можно сказать, что вокруг Земли скопились миллионы обломков, которые мешают запуску искусственных спутников Земли, а в некоторых случаях представляют собой реальную угрозу экипажам космических аппаратов и даже людям на Земле.

Откуда ж возник космический мусор?

Космический мусор включает в себя широкий спектр объектов от искусственных спутников и космических кораблей. Спутники могут упасть из-за прекращения поставок топлива и электроэнергии, или могут выйти из строя из-за неисправности. Они могут быть уничтожены в ходе противоспутникового испытания ракет.

Космический мусор может также состоять из вещей, оставленных в космическом пространстве во время работы космонавтов на космической станции или при работе за пределами её. Он может состоять из перчаток, различных камер, зубных щеток, ключей, инструментов, мусорных ящиков и многих других вещей.



Рис.1.Космический мусор.

За более чем полвека освоения космоса человеком, мусора накопилось очень много, и засорение космоса продолжается и нарастает.

1.1. Столкновение с космическим мусором.

На сегодняшний день мы буквально окружены маленькими и большими частями уже неиспользуемых ракет и спутников. Все эти обломки представляют большую опасность для находящейся на высоте 408 километров Международной космической станции (МКС). В ночь на 23 сентября 2021 года возник риск столкновения станции с неопознанным космическим объектом, но экипажу удалось от него увернуться. Но что из себя представляет этот объект и как станция избежала столкновения?

О произошедшей ситуации рассказало издание ScienceAlert. О возникновении опасности экипаж станции узнал заранее. Там находились американский астронавт и наши российские космонавты. Они узнали о риске столкновения с неопознанным объектом заранее и перебрались в российский отсек, поближе к космическому кораблю «Союз МК – 16». В случае столкновения и возникновении пожара или других серьезных проблем, они могли быстро эвакуироваться и полететь на Землю. К счастью, эвакуация не понадобилась, потому что никакой аварии не произошло. Диспетчеры NASA узнали о вероятности столкновения заранее. По их расчетам, объект должен был пролететь мимо станции на расстоянии примерно 1,39 километров. То есть, вероятность столкновения была очень мала, но в таких ситуациях экипаж готовится к наихудшему исходу событий – этого требуют правила безопасности. На всякий случай, астронавтам и космонавтам была дана команда изменить орбиту станции и ещё больше отстраниться от траектории космического объекта. Сообща, экипаж станции выполнил маневр при помощи двигателей грузового корабля «Прогресс».

Как дальше выяснилось, неопознанным объектом был космический мусор. Обломком оказалась часть второй ступени японской ракеты Н-2А. Это ракета взорвалась в феврале 2019 года и разлетелась на 75 больших частиц. Если учесть, что МКС движется вокруг нашей планеты со скоростью

27568 км/ч, столкновение могло бы быть сильным. Размер пролетевшего мимо станции космического объекта раскрывать не стали. Но при столкновении он мог повредить солнечные панели или другие важные части станции.

Экипаж станции вышел из укрытия. Они продолжили заниматься своими делами. Известно, что обитатели космической станции проводят множество исследований в условиях невесомости. По словам главы NASA, с начала 2020 года станции уже в третий раз уклоняется от космических объектов.

То, что станции все чаще приходится уклоняться от космического мусора говорит об увеличении его количества. Спутники и прочее орбитальное оборудование запускаются все чаще. Все спутники не вечные и они будут выходить из строя, после чего становится очередным космическим мусором. Исследователи хотят разработать действенный способ уничтожения всего этого мусора, но пока что ни один из них не доказал свою эффективность.

1.2. Загрязнение атмосферы топливом.

Влияние ракетно - космической техники на атмосферу.

В процессе эксплуатации ракетно - космической техники возникают следующие виды загрязнения атмосферы Земли:

- 1) *Создание продуктов сгорания в зоне размещения стартового комплекса.* В первые секунды старта космического аппарата образуется газообразный клуб продуктов сгорания компонентов ракетного топлива. Во влажных клубах размер образовавшихся капель может вырасти до степени, когда они начнут выпадать в виде кислотных дождей. После 7-10 секунд полёта ракета выходит из газообразного выброса и формирует в спокойной атмосфере без инверсионных слоёв сравнительно тонкий газообразный след. Таким образом, при старте ракеты образуются два независимых газообразных выброса: стартовый клуб и след.
- 2) *Выбросы жидких ракетных топлив в атмосферу.* Остатки неотработанного топлива вторых отработанных ступеней ракетносителей при их входе в плотные слои атмосферы и разрушении на высоте 35-40 км, испаряются, переходят в газовую фазу и разбавляются до безопасных концентраций.
- 3) *Электромагнитное загрязнение районов эксплуатации ракетно - космической техники.* Источниками этого загрязнения являются радиотехнические системы, которые работают в УВЧ и СВЧ

диапазонах и имеют достаточно высокую мощность. В районах размещения командно - измерительных комплексах может происходить аномальное расширение радиоволн, которые наблюдаются наиболее часто в утренние и вечерние часы летом.

Экологическими последствиями мощных микроволновых излучений является понижение фотосинтетической активности растений, отклонение нормального функционирования флоры, а также понижение проращивания семян.

- 4) *Тепловое загрязнение в зоне эксплуатации ракетно - космической техники.* Результатом теплового загрязнения ОС может быть пуск ракетносителей, работа объектов тепло - и энергоснабжения, транспорта, предприятий промышленности и коммунального хозяйства, парниковый эффект от выбросов газов и аэрозолей.
- 5) *Радиоактивное загрязнение.* Радиоактивное загрязнение атмосферы связано с широким использованием в космонавтике ядерных энергетических источников. Главная экологическая опасность связана с возможностью падения фрагментов, разрушенных ЯЭУ и осадения радиоактивных веществ в приземную атмосферу и на поверхность Земли.

Влияние ракетно - космической техники на озоновый слой.

Озоновый слой играет огромную роль в сохранении жизни на Земле. Он обеспечивает защиту Земли от губительного воздействия ультрафиолетового излучения, которое действует на все виды бактерий и планктон, то есть на основание всей биологической пирамиды. Нарушение первичного элемента экопирамиды вызовет гибель морской флоры и фауны. Фитопланктон перерабатывает углекислый газ и высвобождает чистого кислорода больше, чем все леса планеты. Уменьшение фитопланктона приведёт к тому, что в атмосфере будет оставаться лишний углекислый газ и на Земле будет нехватка кислорода.

Кроме того, от воздействия ультрафиолетового излучения происходят мутации флоры и фауны, сельскохозяйственных культур и домашних животных, нарушается иммунная система человека, увеличивается рост раковых инфекционных и вирусных заболеваний. Всё это происходит потому, что жизнь на планете адаптирована только к мягкому спектру ультрафиолетового излучения Солнца. Уменьшение озонового слоя приведёт к увеличению нагрева Земли, усилению ветра, наступлению пустынь и резкому изменению климата.

Существует несколько механизмов воздействия запусков ракетносителей на озон:

- Разогрев воздуха в факеле ракетного двигателя и в образующейся при полёте РН в стратосфере головной ударной волне. Учитывая небольшой потенциал диссоциации O₃, можно ожидать существенного термического его разрушения.

- Влияние озonoактивных компонентов, содержащихся в струе продуктов сгорания жидких (прежде всего окись азота, а также озonoактивные компоненты - окись углевода, свободные радикалы и атомы) и твёрдых ракетных топлив (в продуктах сгорания содержится до 20% хлора и его соединений и до 30% аэрозоля окиси алюминия). Ракеты выбрасывают значительно меньшее количество этих компонентов по сравнению с известными наземными источниками загрязнений (выбросы промышленных предприятий), однако продукты сгорания ракетных топлив поступают непосредственно в стратосферу без трансформации и вымывания в тропосфере.

Исследования по влиянию газообразных продуктов сгорания ракетных топлив на стратосферный озон показали:

- твердотопливные ракеты за счёт наличия в продуктах сгорания хлорных соединений оказывают более сильное влияние на озоносферу, чем жидкостные ракеты;

- пуски отдельных ракет, даже таких мощных, как "Энергия" и "Спейс шаттл", оказывают лишь локальное и сравнительно кратковременное воздействие на стратосферный озон; в месте пересечения озонного слоя, уменьшается концентрация озона, и такая дыра может существовать несколько часов;

- глобальное влияние пусков космической техники на озонный слой Земли при современной их интенсивности весьма мало.

Влияние космодромов на здоровье человека.

Наиболее существенными экологическими последствиями воздействия космодромов на природно - территориальный комплекс являются химические загрязнения окружающей среды высокотоксичными ракетными топливами. При запуске космических ракет чаще всего используется токсичное топливо гептил и гидразиновые вещества, относящиеся к наивысшему классу опасности. Гептил и его производные опасны при любых путях поступления в организм - через желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, кожу, слизистые. Кроме того, гептил оказывает негативное влияние на потомство, способствует появлению злокачественных новообразований,

сильно возбуждает центрально - нервную систему, нарушение желудочно-желудочного тракта. Интоксикация организма в больших дозах может привести к опухоли лёгких и смерти. В общем случае, в состав продуктов сгорания ракетных топлив входят такие токсические соединения, как хлористый водород, молекулярный хлор, фосген, алюминий, окись углерода, окислы азота, синильная кислота, формальдегид, амиак. Все эти продукты могут попасть в организм человека через дыхательные пути, этим приводя к заражению дыхательных тканей. Также плохо влияют на здоровье человека в целом.

Механические загрязнения района падения отделяющихся ступеней ракетносителей приводит к понижению хозяйственной и реакционной ценности земли, а также к нарушению эстетики ландшафта. На ряду с этой проблемой, существует угроза очищения полей в районе падения отделяющихся частей. Первые ступени космических аппаратов падают на землю. В каждой из них остается до 3 т недогоревшего топлива. Культуры растений могут пропасть на несколько лет на этом месте.

При разрушении ядерных энергетических установок с выбросом радиационного топлива в ОС основной опасностью для людей является внутреннее облучение альфа - частицами, так как их энергия полностью поглощается в критических органах. В некоторых случаях следует учитывать и гамма - излучение.

Локальное разрушение озона ракетносителей и образование "озоновых дыр" повышает вероятность раковых заболеваний кожи и нарушения зрения. Электромагнитное местное действие СВЧ и УВЧ излучений в районах расположения РТС и командно - измерительных комплексов у человека вызывает радиоволновые заболевания и возможны и генетические изменения.

Химическое загрязнение грунта углеводородом понижает хозяйственную и рекреационную ценность земли, ухудшает качество воды и еды. Загрязнение водных объектов промышленными стоками приводит к ухудшению качества питьевой воды, ухудшению здоровья, поражению систем и внутренних органов человека.

! Интересный факт !

Недавно, а именно 4 марта 2021 года взорвался прототип космического корабля Starship Илона Маска для полетов на Луну и Марс. Десятый серийный испытательный аппарат StarshipSN10 в этот день пытались запустить дважды. Первый пуск остановили меньше чем за секунду до старта

из-за слишком большой тяги одного из двигателей. Запуск остановили, когда двигатели уже загорелись.

После второго пуска испытательный аппарат успешно поднялся на высоту около 10 тысяч метров, после чего двигатели один за другим выключились, Starship перевернулся в горизонтальное положение и начал контролируемое падение. Затем ракета снова запустила двигатели, вернулась в вертикальное положение и в отличие от двух предыдущих испытаний, когда восьмой и девятый прототипы взорвались в воздухе, еще до посадки, в этот раз Starship целым опустился на посадочную стойку и остался стоять, слегка накренившись.

Но спустя 8 минут после посадки ракета взорвалась. Предполагается, что взрыв произошёл из-за утечки топлива.



Рис.2. Взрыв Starship.

В 2023 году, как ожидается, состоится запуск Starship, на котором японский миллиардер Юсаку Маэдзава и его спутники, совершат полёт к Луне. 3 марта Маэдзава объявил набор восьми членов экспедиции из разных стран мира.

1.3. Столкновение двух космических аппаратов.

Впервые в истории два крупных космических летательных аппарата столкнулись 10 февраля 2009 года над Таймыром. Более чем через полвека после запуска первого искусственного спутника Земли американский «Iridium 33» и российский «Космос – 2251» не смогли разминуться на орбитах.

Сразу после случившегося в научных кругах возникли предположения о том, что для других космических аппаратов это представляет большую угрозу. Стоял вопрос и о безопасности тех, кто находился на Международной космической станции, ведь мельчайшие осколки в условиях космоса могут нанести огромные разрушения



Рис.3. Столкновение спутников «Космос-2251» и «Iridium-33».

Как же все произошло?

10 февраля 2009 года пресс - секретарь NASA заявил о разрушении частного коммерческого спутника Iridium. Его запустили ещё в 1997 году, и на орбите он находился уже достаточно долго. Причиной произошедшего назвали космическое ДТП. Российский спутник в 1993 году был отправлен на ту же высоту. Американские учёные усмотрели в произошедшем вину разработчиков: якобы в космос был отправлен заведомо неисправный российский аппарат.

Позднее выяснилось, что и российский, и американский спутники уже давно не работали и сами являлись космическим мусором. От разрушений после аварии осколки разлетелись по орбите, но ни в один летательный аппарат чудом не попали. Между тем на уровне притяжения Земли, в 800 километрах, находилось, по разным оценкам, около 70 спутников и последствия столкновения могли быть очень серьёзными.

Тем не менее через пару недель на Землю стали падать обломки разбившихся спутников. По данным, первый упал 12 марта, второй – 28 марта, а третий -30 марта.

После произошедшего тревогу забили экологи. Они опасались, что обломки столкнувшихся спутников могут загрязнить большую часть России, ведь катастрофа произошла над Таймыром. Большую часть падающих осколков удалось отследить. Некоторые сгорели при падении на Землю, остальные всё ещё находятся на орбите.

Как показала дальнейшая космическая практика, столкновение спутников отнюдь не уникальное событие. После через 11 лет, в феврале 2020 года, специалисты службы слежения за космическим мусором предупредили о возможном скором столкновении двух выведенных из строя спутников. А именно целой инфракрасной обсерватории IRAS и небольшом аппарате GGSE – 4. Похожие столкновения, по заявлениям учёных, могут повлечь катастрофические последствия для других спутников Земли.

2.Способы решения проблемы экологии околоземного пространства.

Экология околоземного пространства только зарождается, её представления и методология пока что не определены, в то же время она уже достигла определённой степени превосходства, характеризуемой переходом от наблюдения к эксперименту, к активным методам исследования окружающего мира. В наше время происходит постепенный переход к использованию активных методов исследований околоземной среды, когда околоземное пространство из объекта наблюдений превращается в своего рода гигантскую природную лабораторию, используемую учёными для различных целей.

Все существующие и перспективные пути решения проблемы космического мусора вокруг Земли можно разделить на две большие группы: профилактика и уборка.

К профилактическим мерам относятся:

- снижение веса запускаемых аппаратов;
- усиление защиты;
- увеличение срока эксплуатации;
- повышение маневренности.

Такие решения способны замедлить дальнейшее «замусоривание» пространства, но они не уберут объекты, уже находящиеся там. Сегодня проверенных и надежных средств борьбы с орбитальным мусором не существует, но существует несколько проектов, над которыми работают учёные.

Лазеры.

Китайские инженеры предложили запустить на орбиту флотилию из спутников, которые очистят околоземное пространство от «космического мусора», обстреливая его с помощью лазеров и заставляя сгореть в атмосфере Земли. Число космического мусора превышает 170 миллионов на данный момент, столкновение даже с одной из них может обернуться катастрофой для большинства спутников, МКС и пилотируемых кораблей. Как отмечают учёные, крупные частицы космического мусора размера в 10 сантиметров и больше можно убрать «вручную» - их общее число не превышает 20 тысяч, и положение большей части из них уже известно.

С другой стороны, металлические пылинки, замерзшие капли охлаждающей жидкости и топлива, микроскопические обломки баков и инструментов найти и уничтожить гораздо сложнее. Проблема

дополнительно осложняется тем, что большая часть подобного мусора находится на большом расстоянии от Земли, в 800-2000 километров от её поверхности, благодаря чему они могут оставаться на своих орбитах практически вечно. Команда учёных выработали оригинальный способ избавиться от них – китайские инженеры предлагают «подтолкнуть» подобные частицы в сторону атмосферы Земли, обстреливая их при помощи спутниковых лазеров. Как показывают их расчеты, создать и запустить подобный спутник вполне реально при помощи уже существующих технологий, однако эффективность его работы будет сильно зависеть от того, на какой высоте будет располагаться его орбита, и под каким углом он будет обстреливать частицы мусора. Неправильное расположение спутника может в несколько раз увеличить время, затрачиваемое на ликвидацию одной частицы мусора, и на порядки повысить расходы энергии.



Рис.3.Лазеры в Космосе.

Гарпун и невод.

В Великобритании команда Airbus разрабатывает очаровательный в своей простоте метод для удаления крупных объектов с орбиты: космический гарпун.

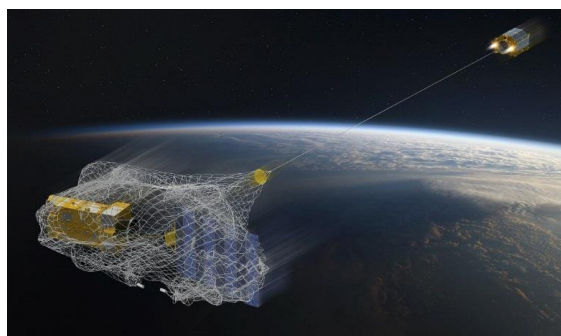


Рис.4. Космический Гарпун.

С помощью специального троса он будет крепиться к космическому аппарату, который сыграет роль своеобразного тягача и отбуксирует мусор обратно на Землю. Но та не превратится в свалку: весь мусор сгорит в атмосфере еще на полпути. Чтобы протестировать своё изобретение перед

тем, как запустить его в космос, исследователи использовали камеру со сжатым воздухом и листы металла, выполненные из композитных алюминиевых панелей толщиной 3 см. Инженер - проектировщик рассказал, что как только наконечник оказывается внутри, пневматика выталкивает из стржня зазубрины, которые намертво закрепляют его в мусоре. Кораблю - спутнику остаётся лишь потянуть за трос и вывезти опасный мусор с орбиты.

Главной целью гарпуна - это подлететь к мусору на достаточное расстояние. Не придется рассчитывать специальный угол захвата или управлять манипулятором вручную: весь процесс пройдет на считанные секунды. Скоро гарпун Airbus отправится в Космос для своего первого испытания на практике. В качестве теста учёные сами выпустят небольшое скопление мусора в космос, а потом постараются поймать его гарпуном и специальной сетью.

Воздушные шары для мусора.

Данный проект называется GOLDSystem. Он представляет собой огромный воздушный шар, размером с футбольное поле, изготовленный из лёгкого и тонкого, но сверхпрочного материала, подобного материалу, из которого изготовлен первый в мире солнечный парус.

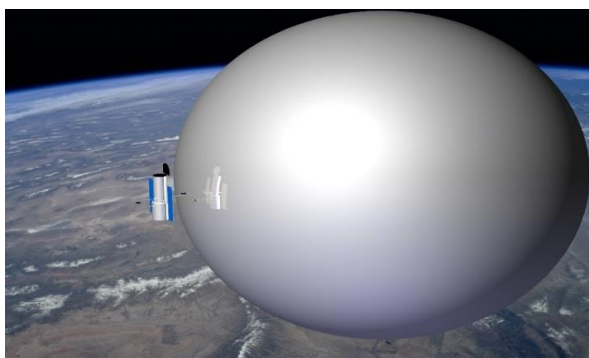


Рис.5. Воздушный шар в Космосе.

Устройство в свёрнутом состоянии занимает объем небольшого чемодана, который доставляется на орбиту в качестве сопутствующего груза любой ракетой – носителем. На орбите устройство прикрепляется к неработающему спутнику, израсходованной ступени ракеты или к другому крупному обломку космического мусора. Заполненный воздухом, этот шар во много раз увеличивает аэродинамическое сопротивление, сталкиваясь с редкими молекулами атмосферы, которые находятся в ближайшем околоземном пространстве. Это приводит к замедлению скорости орбитального движения, что в конечном счёте вызывает падение мусора на Землю, где он сгорает в верхних слоях атмосферы. Изготовление таких устройств недорого, они могут встраиваться сразу в верхние ступени ракет,

препятствуя появлению новых единиц космического мусора. Даже если оборочка воздушного шара будет повреждена осколками космического мусора, по её жесткости должно хватить для успешного завершения основной функции устройства.

Заключение.

В процессе работы над проектом я пришла к выводу, что освоение космоса – это неизбежно и крайне необходимо в наше время. Может быть в скором времени и мы будем путешествовать на другие планеты.

При написании исследовательской работы, я пополнила свой словарный запас новыми интересными фактами из Космоса, космическими терминами, различными событиями, которые происходили во Вселенной. А самое главное я увеличила свои знания о проблеме загрязнения Космоса и ее влияния на Землю. Это глобальная проблема всего человечества.

Исследовав проблему загрязнения, я сделала следующие выводы:

1) Космический мусор включает в себя широкий спектр объектов от мельчайших частиц обломков до искусственных спутников и космических кораблей. Космический мусор может также состоять из вещей, оставленных в космическом пространстве во время работы космонавтов на космической станции или при работе за пределами её.

2) Мусор опасен, прежде всего, для космических аппаратов и даже для космонавтов, а бороться с ним пока что не научились.

3) Чем больше мусора на орбите, тем чаще спутники выходят из строя и тем больше требуется новых спутников, что приводит к увеличению количества мусора на орбите.

4) Весь мир думает различные способы борьбы с космическим мусором. Большинство задач по «очистке» околоземного пространства от мусора и снижению объёмов «загрязнения» всё ещё ждёт тех, кто сможет их решить.

5) Чтобы сократить разрушение озонового слоя нужно сократить количество выхлопных газов автомобилей и уменьшать в них количество веществ, приводящих к разрушению озонового слоя. Также сократить выбросы промышленных веществ в атмосферу.

6) Мусор на орбите Земли – это побочный эффект исследований Космоса.

Мое поколение знает о проблеме загрязнения Космоса и также думают о борьбе с ней. Я уверена, что в скором времени, человечество найдет способ

решения этих проблем. Как говорится, будущее нашей планеты у нас в руках. Поэтому берегите Космос – сэкономите Землю.

Источники информации.

Интернет - ресурсы:

1. <https://yandex.ru/turbo/cleanbin.ru/s/waste/cosmos-waste>
2. https://studwood.ru/1148230/ekologiya/vliyanie_raketno_kosmicheskoy_tehniki_atmosferu
3. <https://yandex.ru/turbo/hi-news.ru/s/eto-interesno/kosmicheskij-musor-chutne-povredil-mks-kak-vse-oboshlos.html>
4. <https://ria.ru/20180118/1512875498.html>
5. <https://www.popmech.ru/technologies/news-414922-kosmicheskij-musor-budut-lovit-garpunom-kak-ochistit-orbitu/>
6. <https://dailytechinfo.org/space/1531-gigantskij-vozdushnyj-shar-gold-sredstvo-ochistki-kosmosa-ot-orbitalnogo-musora.html>
7. https://hi-news.ru/eto-interesno/kak-ochistit-orbitu-ot-kosmicheskogo-musora.html#perspektivnyesposoby_ochistki_orbity_zemli

Книжные ресурсы:

1. Астрономия.10-11 классы : учеб. для образоват. организаций : базовый уровень / В.М. Чаругин – М. : Просвещение, 2018. – 144 с.: ил.
2. Цветков В.И. Космос. Полная энциклопедия/ Ил. Н. Красновой. – М.: Эксмо, 2007. – 248с.: ил.
3. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия. – 2-е изд., Э68 испр. /Глав. ред. М.Д. Аксёнова. – М.: Аванта+, 1998. – 688с.: ил.
4. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс : учебник / Б.А.Воронцов – Вельяминов, Е.К. Страут. – 5-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2018. -238, [2] с. : ил., 8 л. цв. вкл.