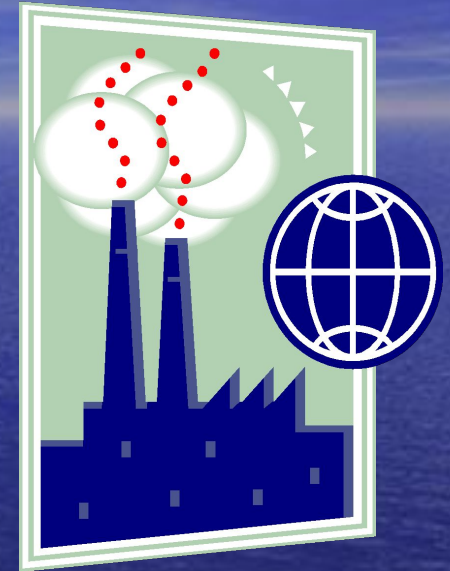
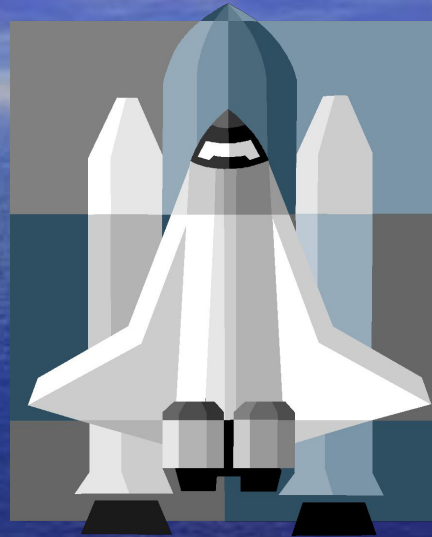


Проблемы космического мусора



- «Не привыкайте к чудесам –
Дивитесь им, дивитесь!
Не привыкайте к небесам –
Глазами к ним тянитесь!



- Цель проекта – показать «подводную часть космического айсберга», рассказать о малоизвестных фактах космической деятельности человечества и проанализировать негативные стороны этой деятельности. Влияние запусков ракет на поверхность планеты.

- Под космическим мусором подразумеваются все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям, но являющиеся опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты, особенно пилотируемые.

Объем космического мусора стал критическим

- По данным исследователей, количество космического мусора достигло критической точки и продолжает расти, что увеличивает риск поломки космических кораблей.

"Мы утратили контроль над окружающей средой", - заявил руководитель исследования, бывший эксперт НАСА Дональд Кесслер.

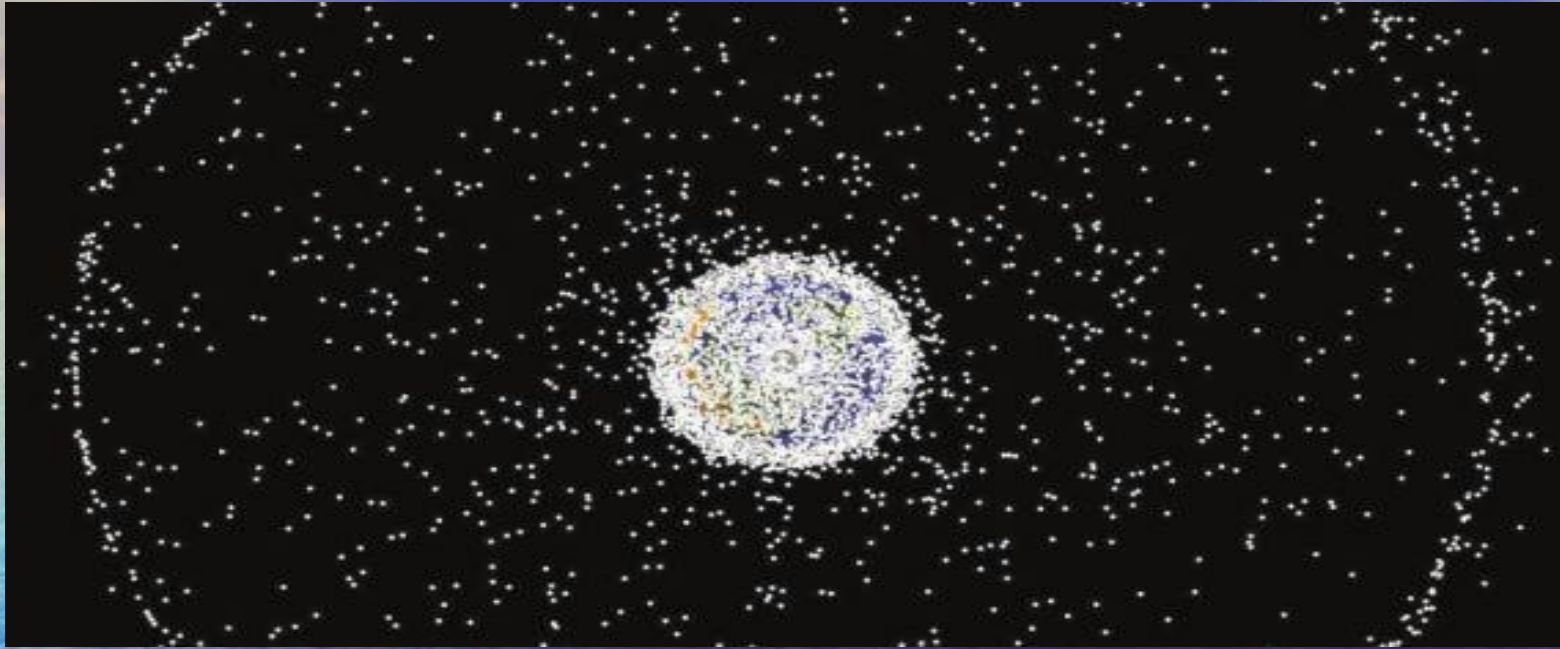
Так, в 2007 году Китай во время испытания противоспутниковых ракет уничтожила спутник, разбив его на 150 тыс. частей.

В настоящее время на орбите находятся 22 тыс. крупных объектов мусора. Однако маленькие куски также представляют опасность для спутников и космических кораблей, отмечается в докладе.



- В нашем мире все взаимосвязано, как человек зависит от космоса, так и космос зависит от человечества. Сейчас мы находимся на таком уровне технического прогресса, который позволяет нам выходить в открытый космос, с помощью космических аппаратов изучать все планеты Солнечной системы, их спутники, астероиды и кометы.
- Сегодня ни одна развитая страна мира не может обойтись без мобильной связи, телевидения, радиосвязи, средств наблюдения за опасными участками земной поверхности, космической навигации, космической разведки и т.п. И все это заслуги искусственных спутников Земли и космонавтики.
- У космических исследований есть также и «обратная сторона»: запуски ракет, разрушение и падение фрагментов космических аппаратов приводят к серьезным экологическим проблемам на Земле и в космосе.
- Угрозу для жителей планеты представляют:
- ∅ падение первых ступеней ракет
- ∅ отработавшие свой срок космические станции (особенно если они имели ядерные силовые установки)
- ∅ выбросы в атмосферу продуктов сгорания (После этого на больших площадях наблюдаются обильные кислотные дожди)
- ∅ мощные акустические, электромагнитные и оптические излучения от крупных ракет
- ∅ воздействие солнечной ультрафиолетовой радиации, из-за «озоновых дыр»
- ∅ влияние на погоду и климат
- Весь опыт человечества показывает: к чему бы человек не прикоснулся непременно, наряду с несомненными благами появляются новые проблемы, в том числе и экологического характера. Уже сейчас экологическая проблема геокосмоса стоит перед человечеством. Вот один из ярких примеров нарушения экологического равновесия. Жители алтайского села Саратан рассказали, что первые несчастья у них начались в 1959 г. На альпийских лугах Алтая стали находить крупные обломки какой-то техники (многие думали инопланетной, о Байконуре в селе еще ничего не знали). Постепенно была уничтожена растительность. Из окрестных лесов ушли животные. Наступила мертвая тишина. Жители алтайских сел стали рано сесть, страдать от заболеваний почек, печени, гипертонии, наблюдались случаи выпадения волос, зарегистрировано много случаев онкологических и странных психических заболеваний. Были отмечены случаи рождения детей-уродов. Столичные врачи связывали все это с воздействием ракетного топлива гептила, но правду больным не сообщали – это в СССР было государственной тайной.

Космический мусор



- Красиво, правда? Но все это мусор. Более 22 тысяч осколков спутников и ракет кружат над Землей.
- **Берегите голову: падает спутник!**
Более 20 тысяч фрагментов спутников и ракет, не считая метеозондов, кружатся на орбите. Пока они не причиняют вреда, но лучше поскорее убрать этот мусор с орбиты

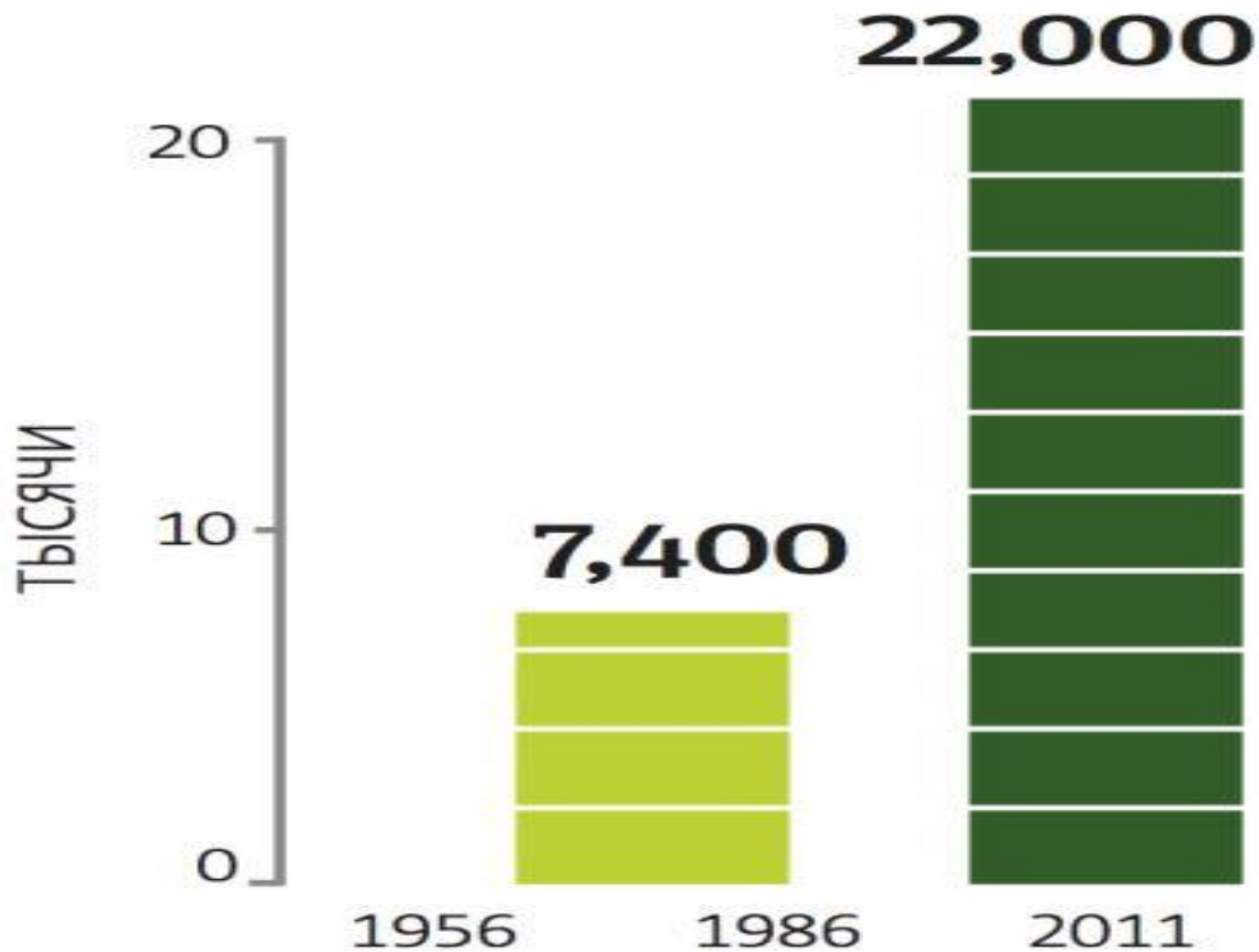
Monthly Number of Objects in Earth Orbit by Object Type



- На графике наглядно показано, что космос тогда, в середине 60-х годов XX века, казался безбрежным, и никому не приходило в голову, что его можно «засорить». Но прошло несколько десятилетий, и в геокосмосе стало тесно от космического мусора. Этот мусор состоит из закончивших свою активную работу искусственных спутников Земли, последних ступеней ракет, разгонных блоков, обломков ракет и спутников, возникших в результате преднамеренных и аварийных взрывов.

Свалка

Количество мусора в космосе:



Возникновение проблемы космического мусора

- ☛ За 50 лет космической деятельности было осуществлено около 5000 запусков почти 6000 спутников, из которых к настоящему времени управляемыми остается лишь небольшая их часть. Общая накопленная масса объектов искусственного происхождения в околоземном пространстве близка к 6000 тоннам
 - С развитием технологий космоса появилось множество проблем возникновения мусора.

Первые шаги загрязнения

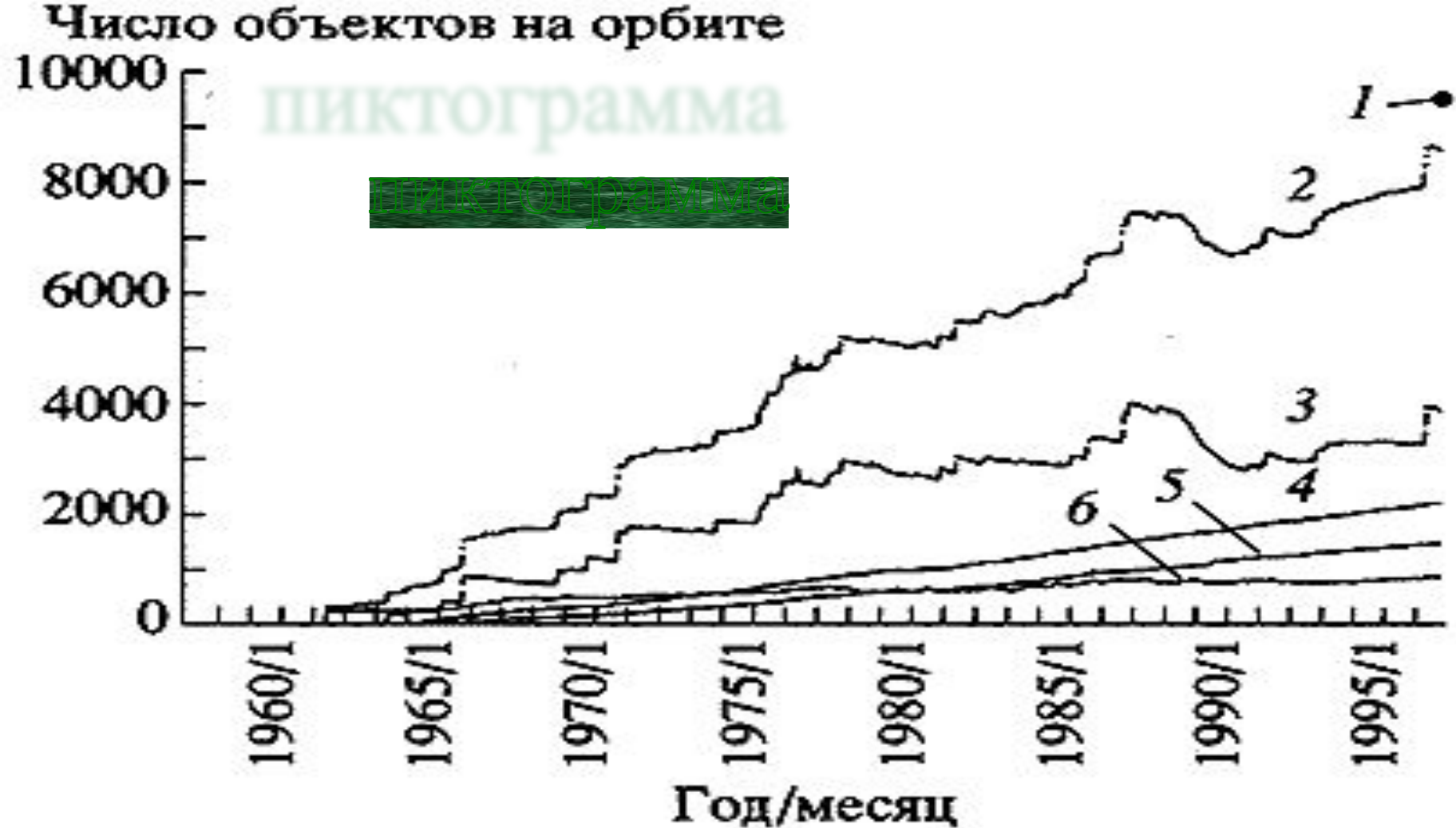
В 1961 г. произошел первый взрыв ступени ракеты-носителя спутника США серии "Транзит", а в 1964 г. - первый целенаправленный взрыв (по команде с Земли) советского спутника "Космос-50". Начался рост числа "рукотворных", но уже никому не нужных предметов на околоземных орбитах. На первых порах эти события не волновали ни ученых, ни проектировщиков космической техники, ни общественность.



Сейчас на околоземных орбитах находится около 450 тыс. тонн космического мусора, большинство объектов имеет размеры от 1 до 10 сантиметров, которые и представляют реальную опасность для эксплуатации космических аппаратов.



На сегодняшний день каталогизировано порядка 10 тыс. крупных космических объектов, вращающихся вокруг Земли. К примеру, около 900 объектов находятся на геостационарной орбите и из них только 300 – работающие спутники.



Увеличение содержания мусора в околоземном космическом пространстве.
 1 - общее число объектов, включая не занесенные в официальные каталоги; 2 - общее число объектов, занесенных в каталоги; 3 - фрагменты космического мусора; 4 - космические аппараты; 5 - верхние ступени ракет; 6 - эксплуатационный мусор.

- Сразу вспоминаются стихи Григория Остера:
Если ты свой стол рабочий
Разным хламом забросал,
На диван клади тетради,
Книги кучей на пол сыпь.
В комнате по грудь зарылся —
Можно в кухню перейти.
Завалил свою квартиру —
Приходи к соседям жить.
До Кремля страну засыпал —
За границу уезжай.
Всю замусорил планету —
Отправляйся на Луну.



Охрана космоса

СССР и США в рамках задач противоракетной и противокосмической обороны. В обеих странах были созданы системы контроля околоземного пространства, оснащенные радарными дальнего обнаружения и оптическими инструментами. Задачи служб контроля состоят в обнаружении, сопровождении, получении координатной информации и изображений объектов, их идентификации, анализе и отображении космической обстановки. Всего службами контроля космоса зафиксировано и непрерывно отслеживается сейчас чуть более 10 тыс. объектов, находящихся на околоземных орбитах.

Пути возникновения

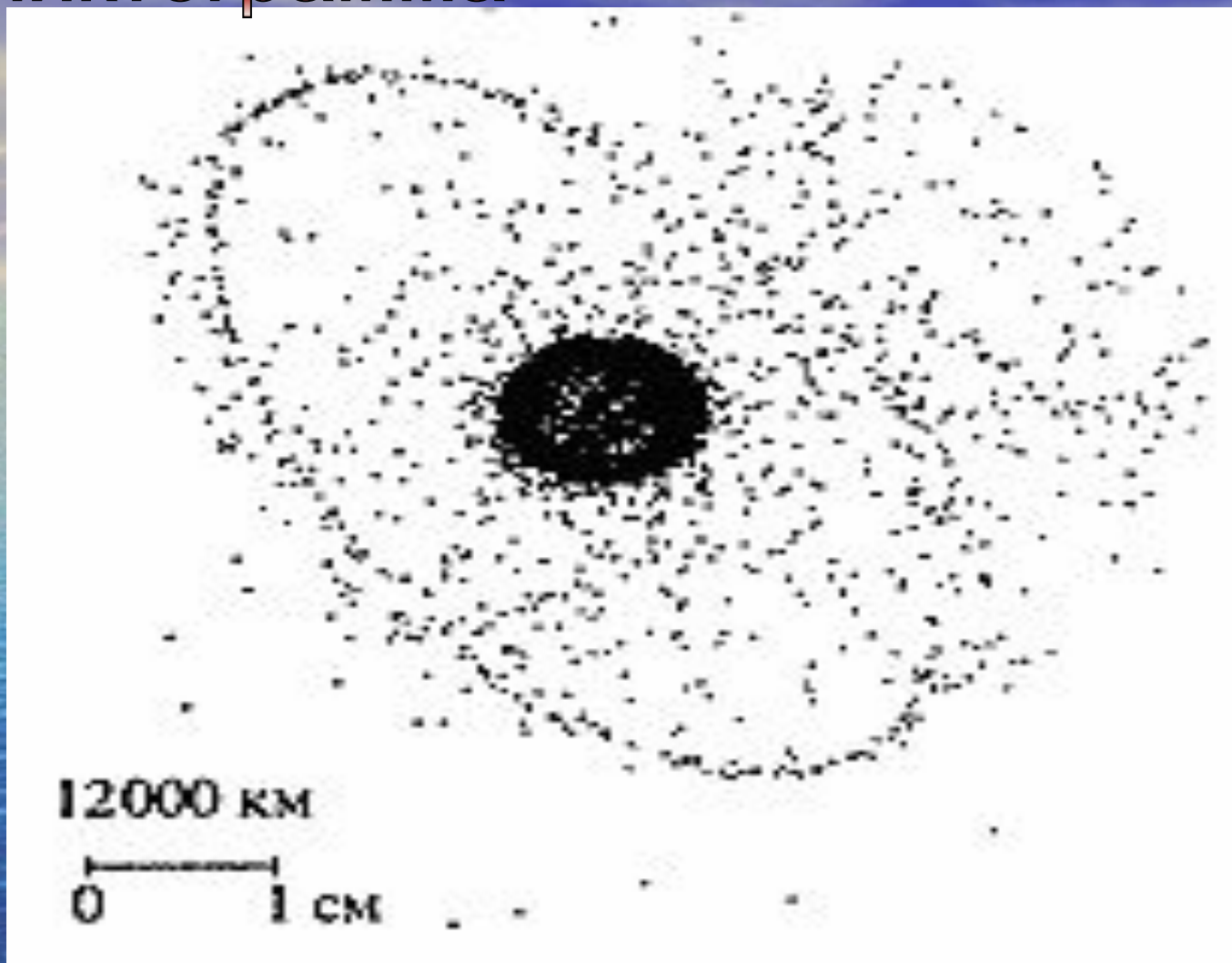
- Наиболее засорены, конечно же, часто используемые области околоземных орбит: на высотах 850-1200 км и в зоне геостационарных орбит. Здесь же концентрируется и космический мусор. На высотах 850-1200 км летают метеорологические спутники и спутники дистанционного зондирования Земли, а также большая часть спутников с ядерными энергетическими устройствами. Последние на этих высотах могут существовать сотни лет до полного исчезновения радиационной опасности. Случаи досрочного разрушения возможны вследствие соударения с частицей размером меньше 0.1 см, летящей со скоростью пули -10 км/с.

Подробнее о космическом мусоре

Для оценки реального риска столкновения действующих спутников с фрагментами космического мусора необходимо учитывать и некаталогизированные объекты, что подразумевает знание их пространственного распределения.

- Основным источником некаталогизированных объектов являются разрушения космических аппаратов и ракет-носителей вследствие взрывов или высокоскоростных столкновений. При этом чем меньше размер фрагмента, тем большее количество обломков такого размера образуется. Следовательно, наблюдаемые обломки составляют лишь очень небольшую часть общего числа частиц, находящихся в околоземном пространстве.

пиктограмма



Схематическое распределение космического мусора в непосредственной близости от Земли (данные Научной корпорации КАМАН, США, 1995). Видны два пояса уплотнения космического мусора: один на высотах

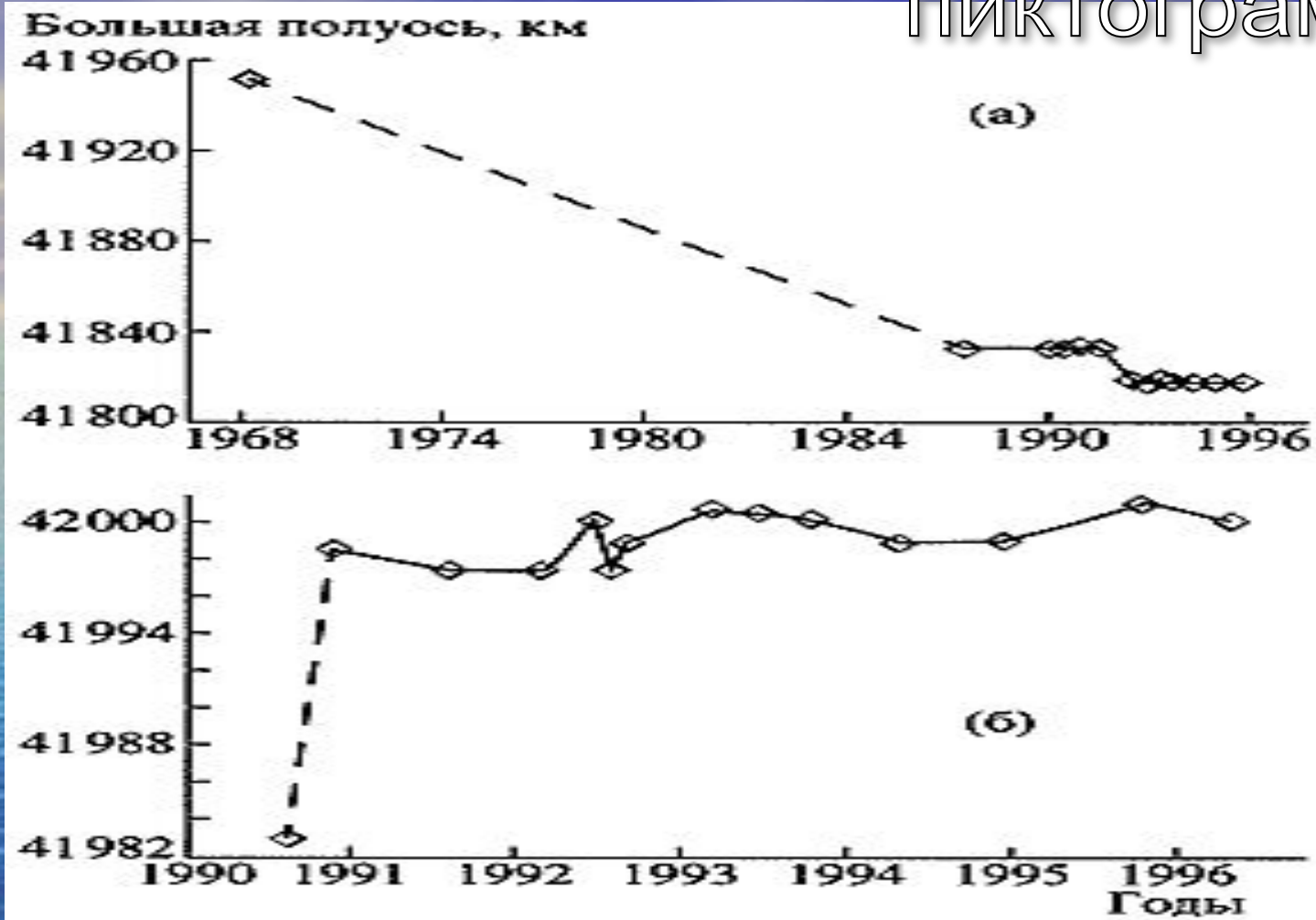
850-1200 км над поверхностью Земли, другой на высоте около 38500 км

Столкновения и взрывы на орбитах

- 24 июля 1996 г. на высоте примерно 660 км произошло первое столкновение французского спутника CERISE, запущенного в июле 1995 г. на солнечно-синхронную орбиту, с наблюдаемым фрагментом третьей ступени французской же ракеты "Ариан", вышедшей на орбиту в 1986 г. Относительная скорость во время столкновения была около 15 км/с, или около 50 000 км/ч.

Столкновение с космическим мусором

- В Институте астрономии РАН проводилось сравнение значений большой полуоси орбит ракет-носителей на геостационарной орбите в момент запуска с их значениями в более поздние моменты времени. Всего было проанализировано около сотни орбит, из которых 19 показали значимые изменения большой полуоси



Изменение большой полуоси орбиты геостационарных искусственных спутников Земли "Транс-тэйдж-13" (а) и "Горизонт-21" (б)

ЗАДАЧИ ОКОЛОЗЕМНОЙ АСТРОНОМИИ

- Наблюдение, каталогизация, моделирование ситуации на разных высотах околоземного пространства с учетом прохождения Земли через многочисленные метеорные потоки и мониторинг наиболее опасных направлений прихода в околоземное пространство естественных космических объектов - это новые проблемы околоземной астрономии.

Задачи будущего

- определение формы
- ориентации
- других характеристик запущенных аппаратов с целью распознавания их назначения
- разработка механизма контроля за мирным использованием космического пространства.

- Практически задачи определения формы и ориентации космических объектов решаются на основе длинных рядов фотометрических наблюдений. Зная все характеристики поля рассеяния исследуемого объекта, можно установить его форму с той степенью детализации, которая допускается фотометрической точностью. Это весьма трудоемкая работа, требующая длительных наблюдений в течение всего периода видимости объекта на протяжении нескольких ночей. Решение таких задач - яркий пример возможностей использования оптических координатно- фотометрических наблюдений спутников.

Из-за огромного количества находящихся в околоземном пространстве частиц различного происхождения не может быть и речи об их полном и постоянном отслеживании. Поэтому актуальными направлениями дальнейшего исследования загрязнения околоземного пространства являются:

- - совершенствование методики моделирования мелких фрагментов космического мусора на основе специальных экспериментов и согласования параметров моделей с экспериментальными данными; - изучение общих закономерностей процесса миграции вещества в Солнечной системе, источников пополнения семейства объектов, сближающихся с Землей, выявление и каталогизация таких объектов;
- - проведение наблюдений представительных выборок объектов искусственного и естественного происхождения, населяющих околоземное пространство, уделяя особое внимание исследованию взорвавшихся объектов;
- - осуществление по фотометрическим данным выборочного контроля за отдельными объектами

Грязная работа



- "Грязной" работы по уборке околоземного пространства человечеству не избежать – в противном случае мы просто сами закроем дверь в космос. Причем время не терпит. Так, из-за выброса парниковых газов, термосфера Земли (высота от 80 до 800 км) охлаждается. Соответственно, падает ее плотность, что замедляет естественные процессы очистки низкой околоземной орбиты. По подсчетам ученых из Университета Саутгемптона, уже сегодня и без того немалый срок падения неуправляемых космических объектов увеличился на 25 %. Выбор небогат: либо начинать генеральную уборку в космосе, либо отказываться от его освоения.

Угроза из космоса



- Казалось бы космос — пространство огромное и мусор в нем — капля в море. Чем же космический мусор так плох? Прежде всего это вопрос безопасности, ведь современная защита космических аппаратов способна выдержать попадание микрометеоритов диаметром лишь до 1 см. Даже если исключить из списка угроз мусор, за которым следят с Земли, останется более 50 тыс. опасных частиц мусора диаметром больше 1 см, которые движутся с огромной скоростью. Любая из них может неожиданно пробить борт космического аппарата и вызвать разрушения, сравнимые с попаданием бронебойного малокалиберного снаряда.

- Людям, никогда не интересовавшимся освоением космоса, тоже есть о чем беспокоиться: иногда космический мусор падает на Землю и вполне может убить. Наиболее известными случаями падения с орбиты была гибель космических станций Skylab и "Салют-7". Оба этих крупных аппарата стали жертвами солнечной активности, потеряли управление и вошли в атмосферу. К счастью, обломки Skylab упали в малонаселенных районах Австралии и обломком была убита только корова. В 1991 году судьбу американской станции повторила советская станция "Салют-7", которая распалась на десятки фрагментов над Аргентиной.



- Были случаи, когда несгоревший космический мусор ранил и людей. Например, в 1997 году обломок 2-й ступени ракеты-носителя Delta ранил женщину в плечо.
- Есть и другая опасность: по приблизительным оценкам сегодня на орбите находятся около 60 космических аппаратов с радиоактивными материалами на борту. В 1978 году советский спутник Космос-954 осыпал радиоактивными обломками северную часть Канады. С тех пор на Землю упали 9 объектов с ядерными материалами

Под обстрелом

- К сожалению, уже есть множество случаев столкновения космических аппаратов с мусором. Так, частица мусора 1 см в диаметре пробила антенну телескопа "Хаббл". Российскому спутнику "Экспресс АМ11" повезло меньше: в 2006 году удар микроскопической частицы мусора повредил систему терморегулирования, в результате чего спутник вышел из строя и на некоторое время оставил Дальний Восток без телевидения.
- Этот пример хорошо демонстрирует уязвимость современной инфраструктуры. Люди слишком зависимы от GPS, мобильной связи и интернета. Космический мусор может спровоцировать катастрофу, угрожающую здоровью и жизни людей. Насколько она вероятна? Это можно оценить, взглянув на некоторые цифры: на высотах между 788 и 1000 км летает около 1100 спутников и 370 тыс. частиц космического мусора, каждая из которых может вывести спутник из строя. Вероятность столкновения с достаточно крупным объектом на такой высоте составляет от 15 до 30% на протяжении 150 лет. Пока статистика радует - спутники погибают от мусора в среднем раз в десять лет. Однако это стоит огромных финансовых затрат, которые включают бронезащиту аппаратов и постоянный мониторинг космического пространства. К сожалению, количество мусора растет (в среднем на 5% в год), и статистика неизбежно начнет ухудшаться.

- Особое внимание привлекает проблема угрозы космического мусора пилотируемой космонавтике. Тонкая обшивка космических кораблей не в силах остановить частицы мусора диаметром более 1 см. Космонавты, работающие на МКС, периодически сталкиваются с угрозой мусора. Несколько раз им даже приходилось в срочном порядке занимать места в спасательном корабле. Последний такой случай произошел в начале апреля нынешнего года, когда специалисты с Земли слишком поздно обнаружили 18-см обломок китайского спутника, и времени на корректировку орбиты уже не оставалось. Эксперты НАСА полагают, что в течение следующих 10 лет есть один из десяти шансов, что космический мусор серьезно повредит МКС.
- Самую богатую историю "обстрелов" накопили американские шаттлы. Наиболее известен случай, который произошел в 2006 году с шаттлом Atlantis, когда небольшая частица космического мусора пробила панель радиатора, одну стенку грузового отсека и застряла в противоположной. В следующем году дыру в несколько сантиметров получил и шаттл Endeavour.

- В настоящее время космонавтам остается только надеяться, что мусорный "снаряд" не выведет из строя жизненно важные системы корабля и не убьет экипаж. Однако очевидно, что с выходом в космос коммерческих пилотируемых кораблей и предполагаемого увеличения "заселенности" околоземного пространства, одной надежды мало.
- Серьезную опасность представляют не только крупные, но и микроскопические частицы мусора. Однажды стекло кабины шаттла было серьезно повреждено кусочком краски размером менее 0,3 мм! Нельзя не учитывать, что на скорости 14 млн м/с даже такие, вроде бы пренебрежительно малые, частицы становятся настоящими пулями, способными убить космонавта в скафандре или вывести из строя внешнее оборудование космического корабля. К слову, во время осмотра астронавтами солнечных панелей телескопа Хаббл, были найдены тысячи следов ударов микрометеоритов. О количестве мелкого мусора на околоземной орбите красноречиво говорит тот факт, что стекла шаттлов в течение службы телескопа меняли около 80 раз.
- Орбиту Земли надо срочно очищать от космического мусора – такое мнение разделяют крупнейшие космические агентства. Однако очистка космоса, засорение которого длится более 50 лет, - это серьезная технологическая задача. Вопрос, как обезопасить космонавтику от последствий своих же необдуманных действий, очень сложен. Прежде всего, препятствием является большое рассеяние и высокая скорость частиц космического мусора, а также их количество и зачастую слишком малый для надежного обнаружения

Кардинальное решение

- Очистка орбиты – наиболее сложная, и одновременно интересная часть решения проблемы космического мусора. В рамках многочисленных инициатив и конкурсов разработаны десятки оригинальных проектов по "генеральной уборке" околоземного пространства. Вот некоторые из проектов, реализация которых, возможна в ближайшее время.

Грандиозный мячик

- Специалист НАСА по космическому мусору Николас Джонсон (Nicholas Johnson) несколько лет назад активно продвигал идею использования для очистки орбиты огромного шара из аэрогеля.
- Сфера NERF диаметром 1,6 км, состоящая из сверхлегкого пористого материала, должна принимать на себя удары частиц мусора и замедлять их. Таким образом происходит постепенное снижение скорости движения мусора и очистка орбиты.
- Преимуществом NERF является возможность борьбы даже с самыми мелкими, меньше 1 мм, частицами мусора. К тому же, аэрогель настолько легок, что отколовшиеся куски самого шара не способны повредить космические аппараты. Стоимость такого "мусорщика" относительно невелика – кусок аэрогеля, помещающийся на ладонь, стоит около 100 долл., 1,6-км NERF будет стоить всего около 1 млн долл.
- Впрочем, у предложения Джонсона есть и недостатки. Прежде всего, очистка с помощью аэрогеля займет много времени, поскольку крупные, более 1 см, частицы будут прошивать шар насквозь, лишь незначительно снижая свою скорость. Также шар станет препятствием для движения спутников и головной болью по окончании срока эксплуатации.

Лазерная метла

- Перспективная технология очистки околоземного пространства - применение высокоэнергетических лазеров. Суть такой "уборки" заключается в нагреве частицы мусора лазерным лучом, в результате чего испаряется микрослой материала и создается реактивная сила. Современные лазеры производят от 100 импульсов в секунду, что позволяет создать достаточно большую совокупную тягу. Если применить ее в нужный момент, можно снизить высоту орбиты частицы мусора до 200 км. На этой высоте трение об атмосферу настолько велико, что космический мусор будет уничтожен за несколько часов. Преимущество "лазерной метлы" - в возможности создания активной системы защиты космических аппаратов и высокой эффективности работы по очистке космоса с поверхности Земли. Существуют и серьезные технические проблемы, связанные со сложностью систем обнаружения, наведения и сопровождения малых объектов, движущихся с огромной скоростью.

Сеть для крупной рыбы

- Оборонное агентство DARPA работает над проектом большой электродинамической сети EDDE, которая будет собирать на низкой околоземной орбите куски мусора тяжелее 2 кг. Космический "тральщик" представляет собой группу небольших аппаратов и солнечных панелей общим весом около 100 кг. Каждый модуль EDDE имеет небольшую сеть весом 50 г, которая может захватывать небольшие объекты, движущиеся со скоростью 2-3 м/с. Планируется, что сеть EDDE будет запускаться в направлении скопления космического металлолома, разворачиваться и спускаться в направлении Земли. EDDE может активно маневрировать, обходя спутники и наводясь на новые цели, а захваченный космический мусор в это время продолжит падению в атмосферу.

Чисто там, где не сорят

- Дорогостоящая уборка космического мусора потеряет смысл, если человечество продолжит загрязнять космос. Поэтому космические державы подписали соглашения, согласно которым они обязуются принять меры по уводу отработавших свой срок космических аппаратов с орбиты Земли. Однако сход с орбиты требует большого количества топлива, которое могло бы использоваться для продления срока службы спутников. Кроме того, зачастую список объектов космического мусора пополняют аппараты с отказавшей системой управления, которые даже при наличии топлива увести с орбиты невозможно. В связи с этим ученые активно ищут дешевые способы ликвидации отработавших спутников.
- В основном предлагаются два варианта торможения космических аппаратов с опустевшими баками: либо с использованием атмосферы, либо используя магнитное поле Земли. В зависимости от выбранного варианта спутники должны оснащаться дополнительным оборудованием, предназначенным для увода аппарата с орбиты.

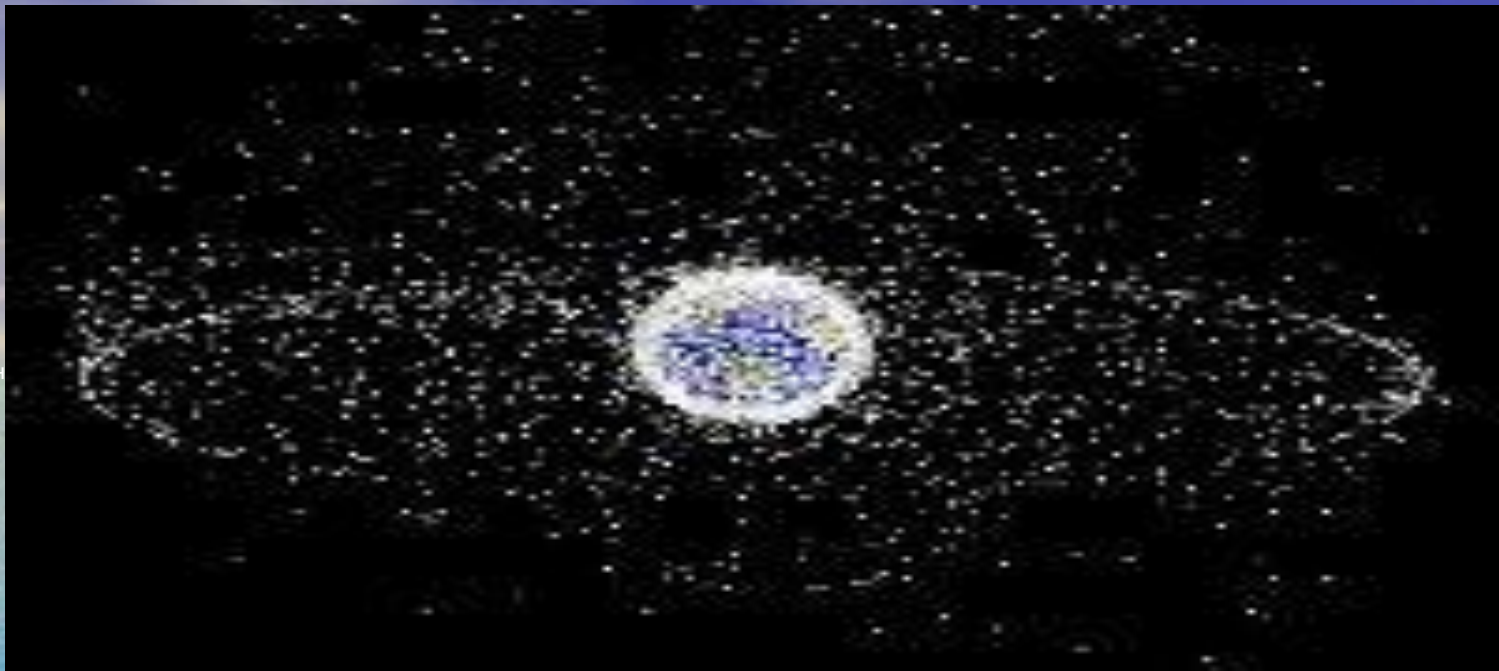
- Одним из стандартных элементов оборудования спутников в будущем может стать надувной шар GOLD. Это простое устройство представляет собой оболочку и небольшой баллон с газом. В нерабочем состоянии GOLD занимает мало места, а в случае необходимости газ наполняет оболочку, и рядом со спутником надувается шар диаметром до нескольких сотен метров. Благодаря трению об атмосферу нашей планеты эта конструкция эффективно тормозит спутник, заставляет его снизиться и в конечном итоге сгореть в плотных слоях атмосферы. Преимущество данной идеи в дешевизне и простоте реализации на любых космических аппаратах. Однако есть и серьезные недостатки: воздушный шар уязвим для микрометеоритов и частиц пыли.

- В конце прошлого года НАСА запустило на орбиту небольшой спутник NanoSail-D, оснащенный солнечным парусом. Спутник успешно испытал оборудование для развертывания тончайшего полимерного паруса, который продемонстрировал эффективность аэродинамического торможения в разреженной атмосфере на высоте 650 км. Инженерам НАСА удалось поместить парус площадью более 9 м² и устройство для его развертывания в коробку размером с батон хлеба. Это достижение позволяет оснащать подобным тормозным "парашютом" практически любые спутники. Преимущества паруса заключаются в малом весе оборудования и возможности замедлять и улавливать микроскопические частицы мусора без особого ущерба для главной задачи – увода старого спутника с орбиты. Недостаток видится в невысокой надежности систем, разворачивающих парус: история космонавтики знает слишком много неудач в этой области. Одним из самых перспективных способов увода спутников с орбиты выглядит система EDT, разработанная НАСА. Ее работа базируется на том же принципе, что и сеть EDDE. Устройство EDT представляет собой длинный гибкий электропроводящий кабель, на одном конце которого размещается груз, а на другом - спутник. Система проходит через магнитное поле Земли (или любой другой планеты) и испытывает воздействие силы, противоположной направлению движения кабеля. Таким образом происходит торможение аппарата. С помощью EDT "уронить" спутник с высоты 1390 км можно всего за 37 дней, тогда как без вмешательства он провёл бы на орбите Земли 9000 лет.
- Полезным "побочным эффектом" использования EDT является генерация электрического тока, который может использоваться бортовой аппаратурой спутника, в том числе для сматывания и разматывания кабеля. Если космический аппарат с помощью собственного генератора (например солнечной панели) преодолет наведенные токи в кабеле, то орбиту можно наоборот поднять. Получается, что EDT может успешно заменить ракетный двигатель, в том числе на зондах, работающих на орбитах других планет. По расчетам специалистов НАСА, 20-км кабель сможет вырабатывать до 40 кВт электроэнергии, чего достаточно даже для пилотируемых полетов.
- Широкое применение EDT осложняется отсутствием достаточной экспериментальной базы и некоторыми проблемами, связанными с колебаниями двух масс, которые порождают на кабеле значительные механические силы.

Проблема минимизации экологического ущерба от космической деятельности человечества должна решаться комплексно.

космическая угроза- деятельность человечества





Хотя без Солнца жизнь на Земле была бы невозможной, оно доставляет ее обитателям достаточно хлопот, особенно в период своей активности: например, негативно влияет на самочувствие людей и электронные технологии, портит искусственные спутники... Но, оказывается, Солнце способно помочь нам решить проблему "уборки" космического мусора.(во время солнечной активности)

Однако после 2013 года, когда минует солнечный максимум, вероятно, придется вводить какие-то международные правила, чтобы ограничить количество космических отходов.