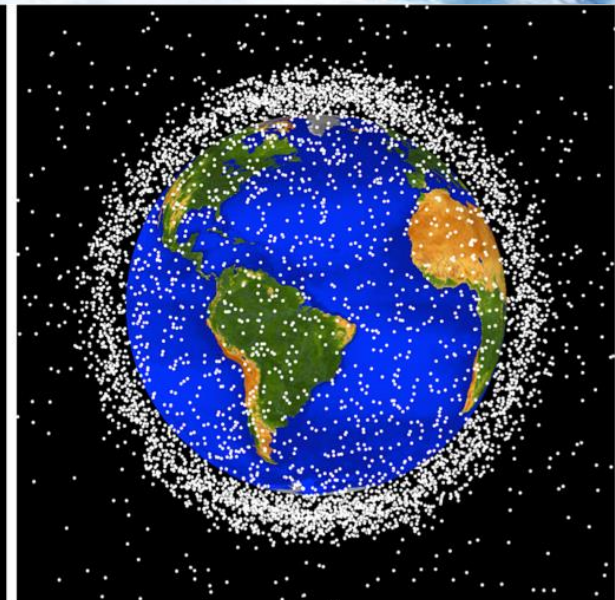
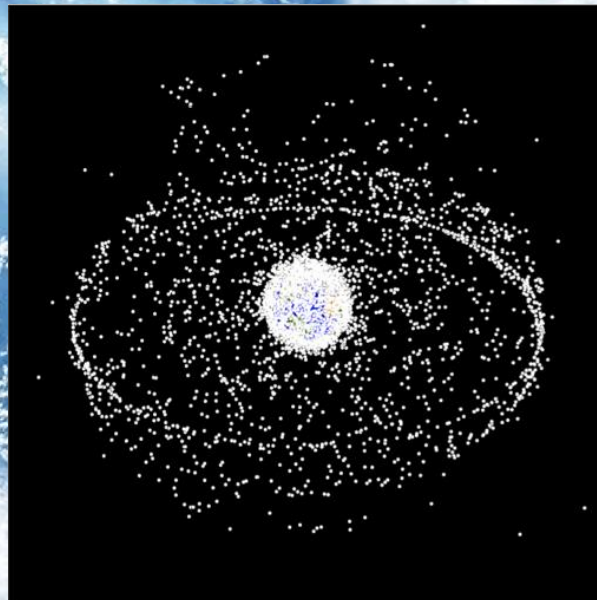
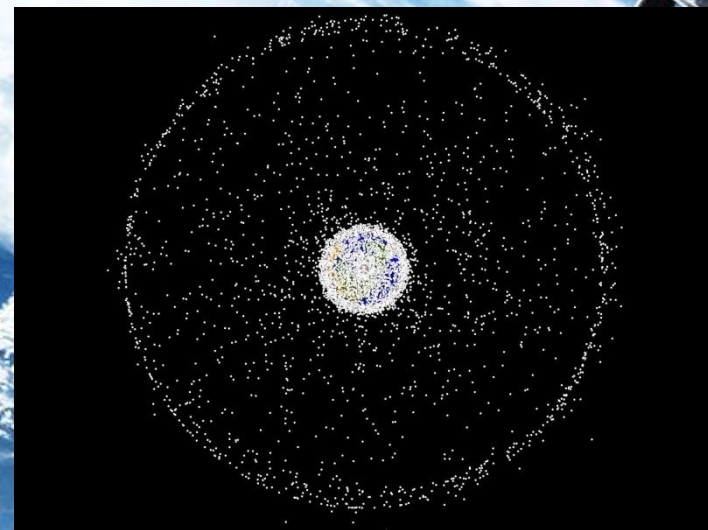


Небезпечність космічного сміття для сталого розвитку космічної індустрії

Підготував ст. гр. Еа-1-4М
Шерстюк Д.М.
Кафедра екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет харчових технологій



Космічне сміття або орбітальне сміття — некеровані об'єкти антропогенного походження, які більше не виконують свої функції та літають навколо Землі або в меншій мірі навколо інших планет. Ці об'єкти різноманітного походження становлять загрозу космічним апаратам. Є ризик, що сміття почне подрібнюватися у геометричній прогресії внаслідок взаємних зіткнень. На навколоремній орбіті обертається близько 19 000 об'єктів.



Характеристики космічного сміття

В даний час в районі низьких навколоземних орбіт аж до висот близько 2000 км знаходиться, за різними оцінками, близько 220 тис. (300 тис. За даними Управління ООН з питань космічного простору, жовтень 2009) техногенних об'єктів загальною масою до 5000 тонн . На основі статистичних оцінок робляться висновки, що загальне число подібних об'єктів діаметром більше 1 см досить невизначено і може досягати 60-100 тис.



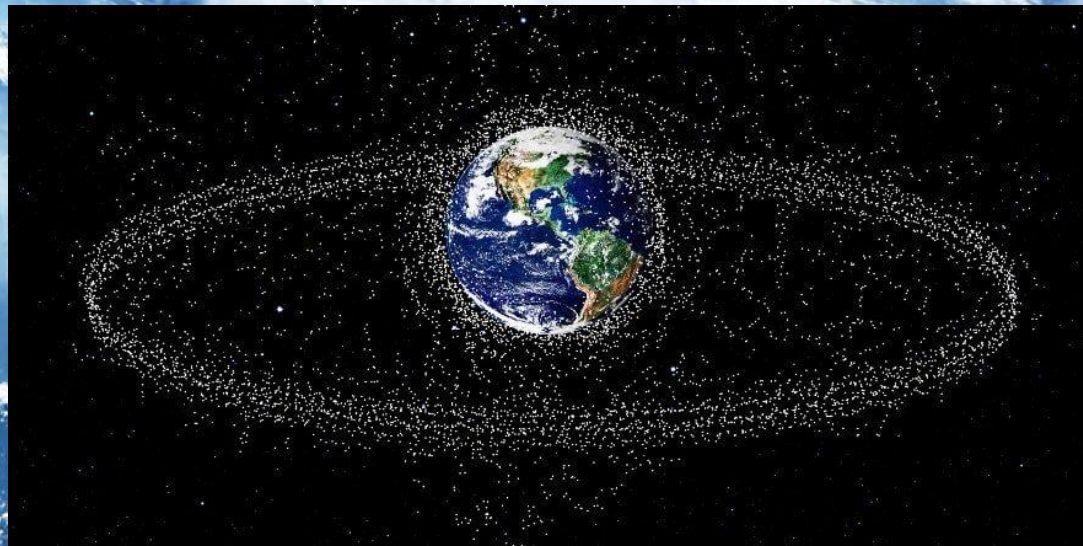
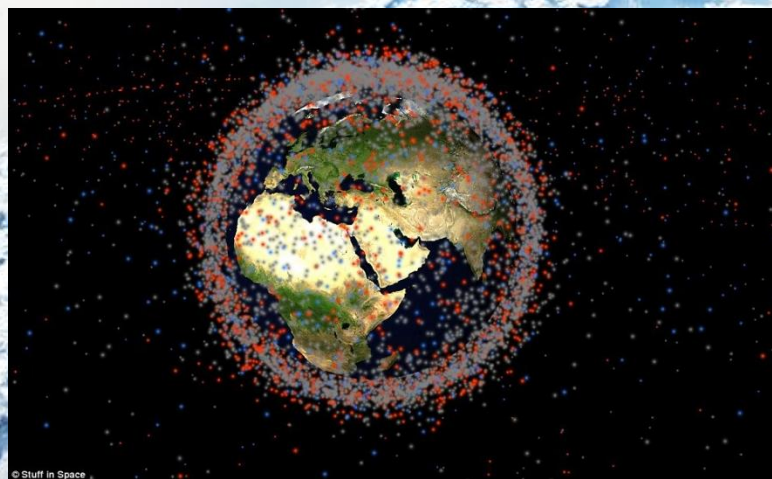
Лише невелика їх частина (близько 10%) була виявлена, відстежується і внесена в каталоги за допомогою наземних радіолокаційних і оптичних засобів. Наприклад, на 2013 рік каталог Стратегічного командування США містив 16 600 об'єктів (в основному, розміром більше 10 см), велика частина яких була створена СРСР, США і Китаєм.

Близько 6% відслідковуються об'єктів - діючі; близько 22% об'єктів припинили функціонування; 17% представляють собою відпрацьовані верхні ступені й розгінні блоки ракет-носіїв і близько 55% - відходи, технологічні елементи, супутні запусків, і уламки вибухів і фрагментів.



Більшість цих об'єктів знаходиться на орбітах з високим нахилом, площини яких перетинаються, тому середня відносна швидкість їх взаємного прольоту становить близько 10 км / с. Внаслідок величезного запасу кінетичної енергії зіткнення будь-якого з цих об'єктів до чинного космічним апаратом може пошкодити його або навіть вивести з ладу. Прикладом може послужити перший випадок зіткнення штучних супутників: Космос-2251 і Iridium 33 , що трапився 10 лютого 2009 року; в результаті обидва супутника повністю зруйнувалися, утворивши понад 600 уламків.

Внесок у створення космічного сміття по країнам за оцінками на 2014 рік: Китай - 40%; США - 27,5%; Росія - 25,5%; інші країни - 7%.



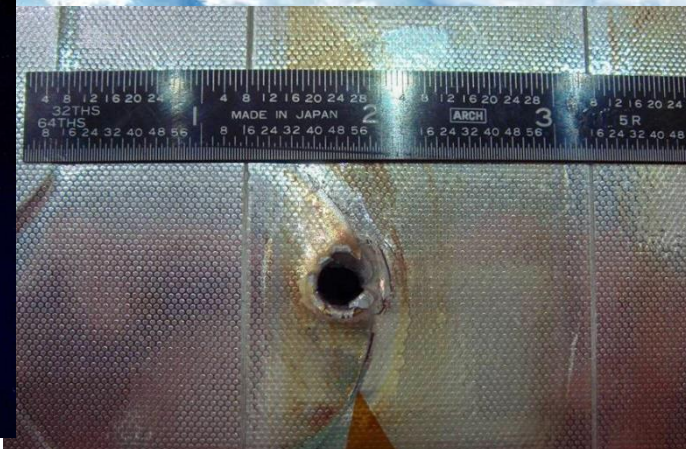
Наскільки небезпечний космічне сміття?

Особлива небезпека космічного сміття пов'язана з тим, що він переміщається в просторі з величезною швидкістю. У космосі ми маємо справу зі швидкостями зіткнень до 15-ти кілометрів на секунду, це майже 50 тисяч кілометрів на годину. Тому навіть частка розміри якої становлять лише 1 сантиметр, може серйозно пошкодити космічний апарат. Така частка зазвичай летить зі швидкістю близько 10-ти кілометрів на секунду, тобто як мінімум в 20 разів швидше кулі. Для космічного апарату зустрітися з цією часткою - все одно що мати справу з легковим автомобілем середнього класу, що рухаються зі швидкістю 80 кілометрів на годину.

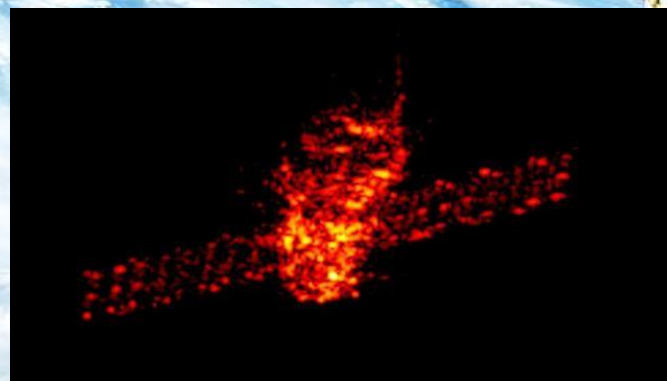
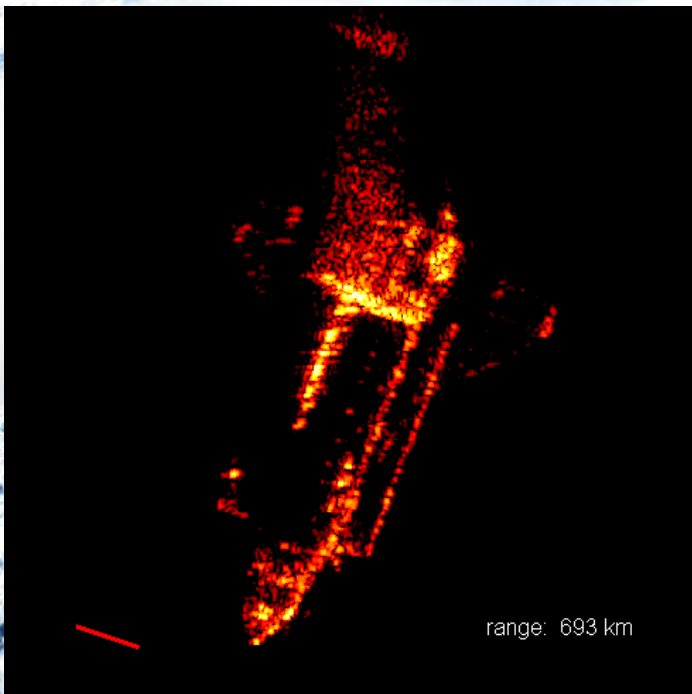
Вікно купола МКС, виготовлене з плавненого кварцу і боросилікатного скла, іноді страждає від ударів крихітних об'єктів космічного сміття. Скол діаметром 7 мм.

Фото вхідного отвору, створеного на радіаторній панелі космічного човника Endeavour в результаті впливу невідомого космічного сміття. Вхідний отвір становить в діаметрі приблизно 1/4 дюйма (6,4 мм), а вихідна вже в два рази більше.

Панель сонячної батареї станції «Мир» з ушкодженнями від мікрометеоритів і шматочків космічного сміття.



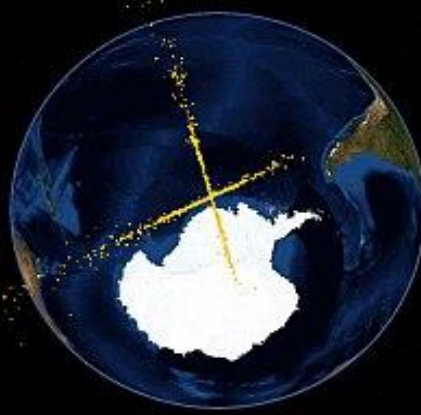
Об'єкти космічного сміття можуть представляти пряму небезпеку і для Землі при їх неконтрольованому сході з орбіти, неповному згорянні при проходженні щільних шарів атмосфери Землі і випаданні уламків на населені пункти, промислові об'єкти, транспортні комунікації і т. п.



Рештки китайської космічної станції в момент падіння на Землю

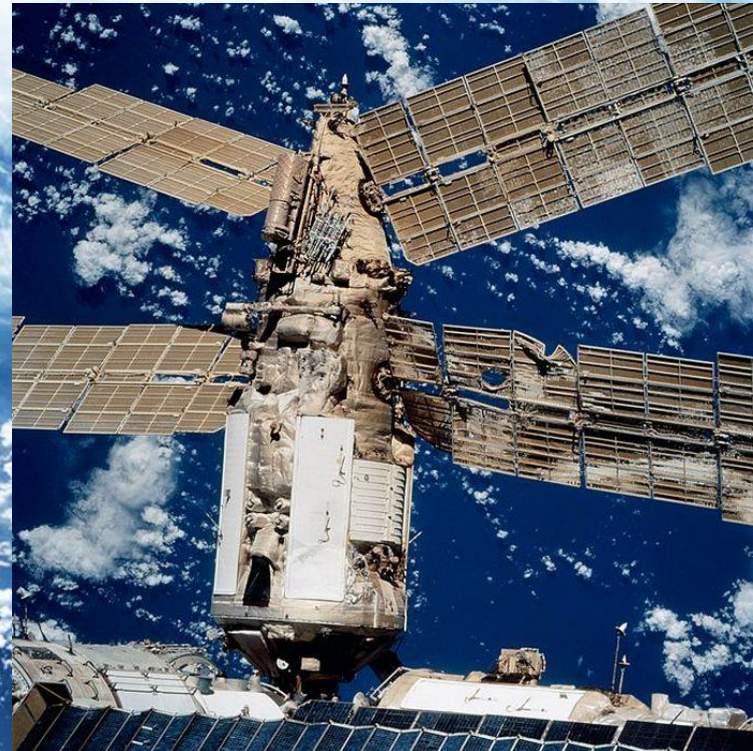
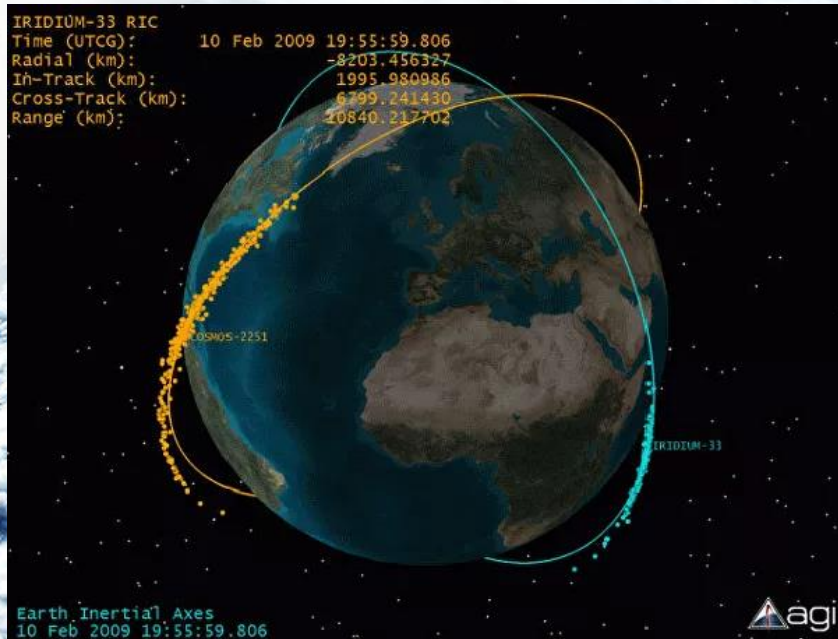
Зіткнення супутників Космос-2251 і Iridium 33

Зіткнення супутників Космос-2251 і Iridium 33 перший випадок зіткнення двох штучних супутників у космосі. Зіткнення сталося 10 лютого 2009 над територією Росії (північ Сибіру), на висоті 789 кілометрів. Штучні супутники — Космос-2251, що належав Росії, виведений на орбіту в 1993 році і функціонував до 1995 року, і Iridium 33, один з 72 супутників оператора супутникового телефонного зв'язку Ірідіум, запущений на орбіту в 1997 році, в результаті зіткнення зруйнувалися повністю. Маса американського супутника Ірідіум становила 600 кг, а російського апарату Космос-2251 — 1 тону. У результаті зіткнення утворилося близько 600 уламків.



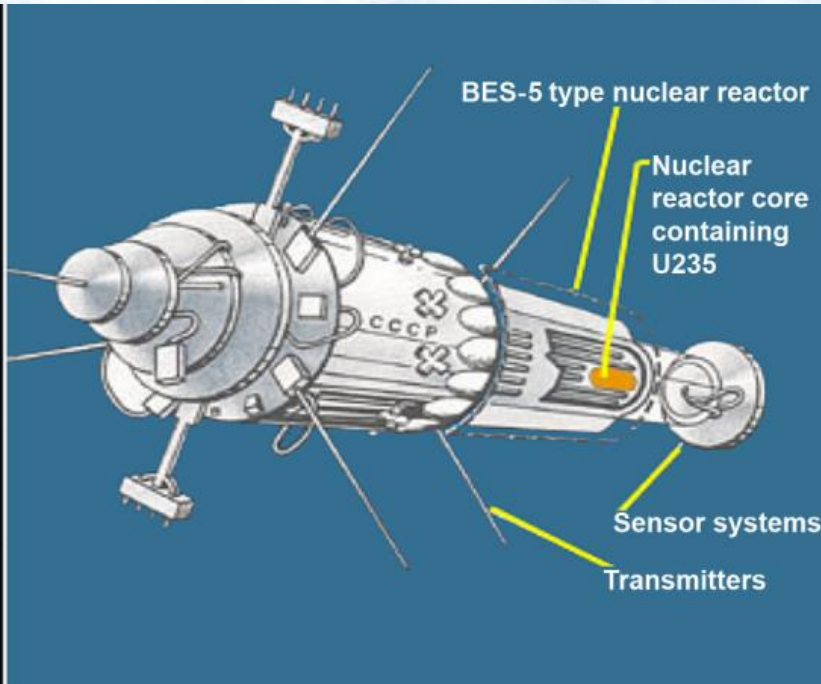
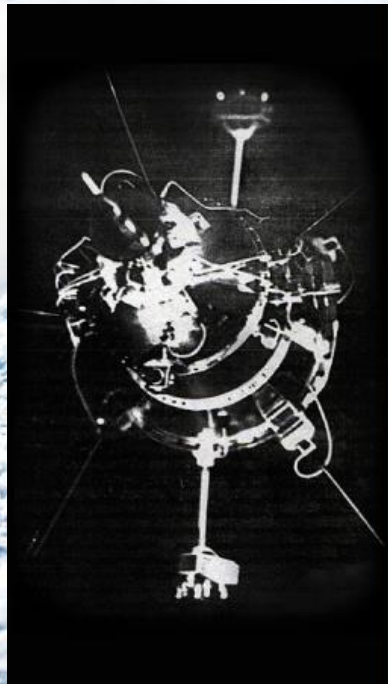
Наслідки

Після зіткнення на орбіті утворилося величезну хмару з тисяч фрагментів. Одне це подія збільшило число космічного сміття більш ніж на 10% - зараз на орбіті відстежують близько 16,7 тисячі смітєвих об'єктів. Порівнянням по "потужності" подією було тільки руйнування китайського метеосупутника "Фен'юнь-1С" під час випробувань противосупутникової зброї в КНР, коли виникло близько 3 тисяч фрагментів.



Випадок зі супутником Космос-954

Дехто з учених вважає, що космічне сміття є зброєю масового ураження. Космос-954 радянський супутник радіолокаційної розвідки з ядерною бортовою енергетичною установкою типу УС-А, масою в 4300 кілограмів був запущений з космодрому Тюра-Там (Байконур) 18 вересня 1977 року. Але вже через місяць апарат вийшов з-під контролю наземних служб. Перевести реактор на орбіту поховання не вдалося і несправний супутник продовжив кружляти «безмежним» космічним простором.



Через рік відбулася розгерметизація космічного апарата: усі бортові системи вийшли з ладу і супутник остаточно перетворився в нікому непотрібний космічний мотлох. Того самого року апарат увійшов в щільні шари атмосфери й зруйнувався над північними районами Канади, викликавши радіоактивне зараження частини ПівнічноЗахідних територій. Це, у свою чергу, призвело до збитків для СРСР розміром в 6 млн доларів США. Людських втрат вдалося уникнути.



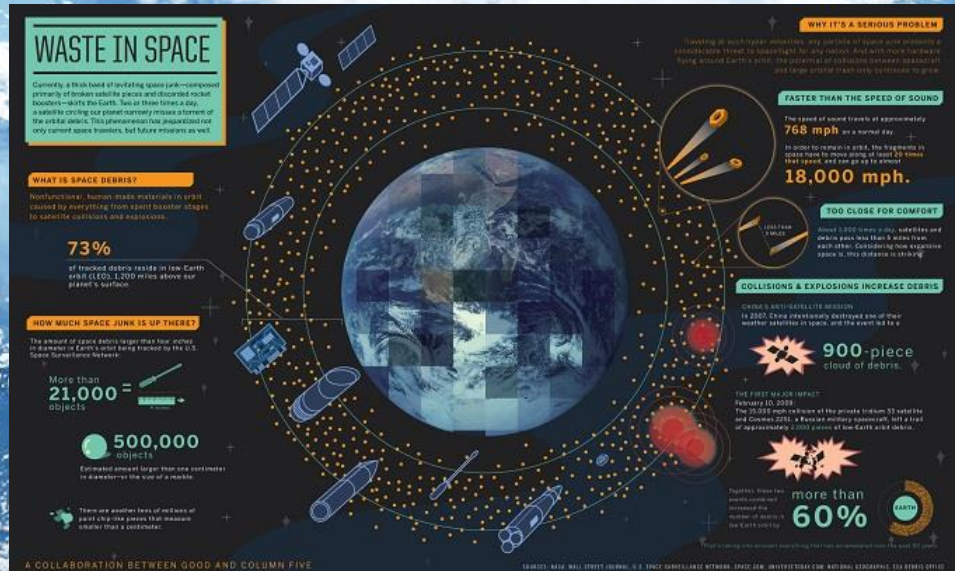
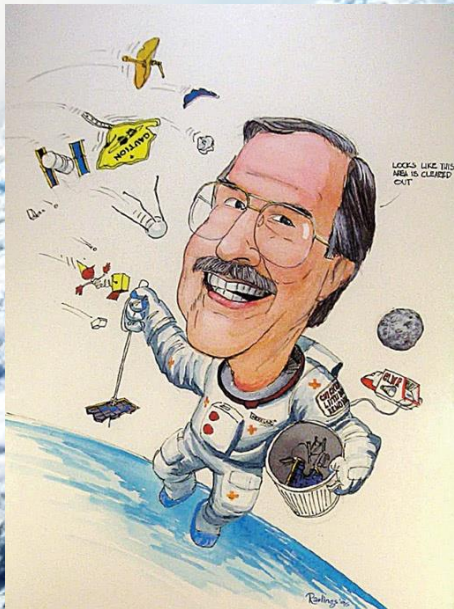
Міжнародні принципи космічної діяльності ввели низку стандартів щодо експлуатації літальних апаратів, супутників і зондів, а саме: видаляти несправні космічні апарати з низьких навколосеземних орбіт (low-Earth orbit, LEO) протягом 25 років з моменту закінчення місії. Гольгер Краг (Holger Krag), голова Департаменту космічного сміття Європейського космічного агентства (ЄКА), повідомив, що лише 60 % місій дотримуються цих правил.



Небезпека космічного сміття в майбутньому

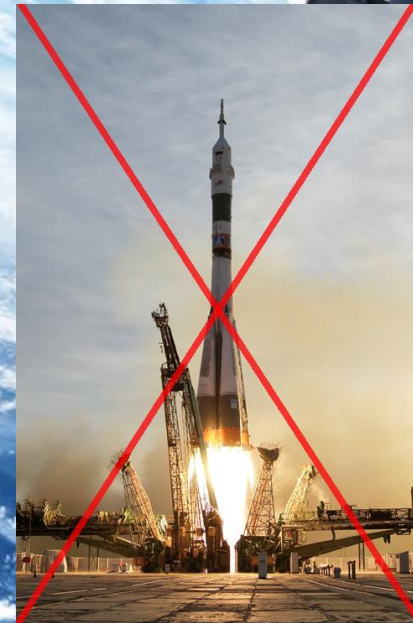
Генеральний директор Rocket Lab Пітер Бек заявив, що у космосі вже зараз літає купа «використаних» об'єктів, але їх кількість стрімко зростає. Так, старі непридатні супутники заважають знайти траєкторію для запуску нових. Частина проблеми полягає в тому, що космічний простір залишається нерегульованим. Остання міжнародна угода про поділ простору не оновлювалась протягом 50 років, тож космос залишився в руках приватних компаній, каже Пітер Бек.

А поки за компаніями не «закріплена» ділянка космосу, за неї немає відповідальності. Швидке скупчення залишків після космічних місій розпочне «синдром Кесслера».



«Синдром Кесслера» — це теорія консультанта NASA Дональда Кесслера, що у результаті багатьох запусків комічних супутників та скупчення космічного сміття, яке залишається, подорожі в космос стануть просто неможливими.

За теорією Кесслера сміття в космосі особливо небезпечно в ефекті доміно. Два об'єкти в космосі можуть стикнутися одне з одним, що спричинить їх руйнування та створення десятків уламків. Ці ж уламки будуть стикатися одне з одним, доки в результаті, не вкриють весь навколоземний простір.



Використані джерела

<https://www.nasa.gov/feature/brane-craft/>

<https://warspot.ru/17979-zvezda-polyn>

<https://news.un.org/en/>

http://erazvitie.org/article/kosmicheskii_musor

<https://ua.ujoh.org/upload-files/doc/vydav/19-04/08.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/2009_satellite_collision

<https://ru.wikipedia.org/wiki>

<https://ua.ujoh.org/Space-debris-as-a-global-industrial-and-ecological-problem-Ways-to-its-solution---UA.html>

Відео

TED

<https://youtu.be/u3HxKsdrQDs>

Brane Craft

<https://www.youtube.com/watch?v=KNKKjoE7oUw>