

7. Іоносфера. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://old.geology.lnu.edu.ua/phis_geo/fourman/E-books.
8. Іоносфера Землі. Исследование слоев ионосферы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://otmorozkov.net/ionosfera-zemli-issledovanie-sloev-ionosfery-286/>.
9. «Вояджер-2» вийшов за межі Сонячної системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tsn.ua/ru/nauka_it/voyadzher-2-vyshel-za-predely-solnechnoy-sistemy-i-popal-v-mezhzvezdnoe-prostranstvo-chto-on-tam-uvidel-1439679.html.
10. Німецькі астрофізики підтвердили всплески плазми навколо скоплень галактик. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itc.ua/news/nemeczkie-astrofiziki-podtverdili-vspleski-plazmy-vokrug-skoplenij-galaktik/>.
11. Магнетрони. Устройство и работа. Виды и применение. Как выбрать. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/magnetrony/>.
12. В Україні вироблятимуть іонно-плазмові двигуни для космічних супутників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://glavcom.ua/news/v-ukrajini-viroblyatimut-ionno-plazmovi-dviguni-dlya-kosmichnih-suputnikov-536455>.
13. Використання генераторів холодної плазми у медицині. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/104289/99793>.
14. Холодная плазма в медицине. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://plasmamed.ru/index.php/kak-eto-rabotaet/medicinskoe-primeneni>.
15. Вчені вперше синтезували холоднішу за космос плазму. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unian.ua/science/10399389-vcheni-vpershe-sintezuvali-holodnishu-za-kosmos-plazmu.html>.
16. Ракета «Союз-2.1а» виведе в космос корейські міні-спутники для дослідження плазми. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://3dnews.ru/994183/?future-link>.

PLASMA ON EARTH AND IN SPACE

Oleksiu Brozd – student of the 10th grade of NVK №23, RCTCSY

The article deals with the forms of plasma on Earth and in space. Examples of its use in various fields are given. Further possibilities of application are outlined. The results of modern plasma studies are analyzed and their relevance is emphasized.

Key words: plasma, plasmosphere, plasma physics, Universe, Medicine, Technology, modern research.

КОСМІЧНЕ СМІТТЯ

Ольга Басараба – учениця 10 кл ЗШ №16, гуртківець ОЦТТУМ

У своїй роботі розповідаю про загрозу космічного сміття для Землі, причини та наслідки його виникнення. Про еволюцію засмічення космічного простору та методи, які допоможуть уникнути цієї гострої проблеми та покращать екологічний стан космосу.

Ключові слова: космос, сміття, Земля, засмічення, людство, загроза, очищення.

Що вважають космічним сміттям? Люди навчилися опановувати космос, запускаючи супутники і ракетносії – вони не думали про проблеми засмічення космосу і навколоземної орбіти.

Питання назрівало більше 10 років тому і актуалізується з кожним роком. Космічне сміття - космічні уламки, сміття з більш високих орбіт все це знаходиться на низькій навколоземній орбіті, на висоті від 160 км до 2 тис. км., поряд з тисячами працюючих супутників.



Таблиця 1. Поділ космічних уламків за розмірами

Сміття більше 10 см	Сміття від 1 до 10 см	Уламки від 1 мм до 1 см
30 000 уламків	750 000 уламків	166 000 000 уламків

З початку космічної ери відбулося понад 4900 запусків КА - більше 6600 супутників припаркувалися на орбіті. З них 3600 залишаються в космосі, з яких лише одна тисяча функціонує нормально.

Безсумнівно, ми вивели на орбіту чимало сміття, яке з часом не маємо змоги контролювати. Приблизно 65% зареєстрованого орбітального сміття, утворилося через зіткнення космічних посланців чи їх частин на орбіті.



Рис. 1. Еволюція засмічення космосу

Небезпека, яку представляють ці об'єкти для астронавтів, супутників і космічних станцій, далеко не швидкоплинна. Цікаво, що 10-сантиметровий шматок космічного сміття може знищити супутник, а сантиметровий шматочок повністю виведе з ладу космічний апарат і проб'є щити Міжнародної космічної станції. Навіть міліметровий об'єкт може вивести з ладу підсистему. ВПС США відслідковують космічне сміття з 1980-х років.

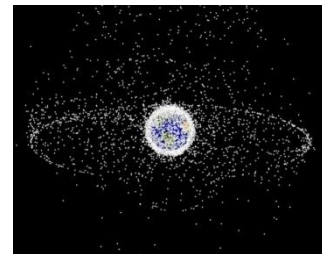


Рис. 2. Рух сміття навколо Землі

Не все, звичайно-мова йде про об'єкти діаметром у кілька сантиметрів і більше. Все це сміття рухається зі швидкістю близько 28 тисяч км/год. На такій швидкості навіть засохла крапля фарби може бути небезпечною для станції або навіть вбити космонавта.

Якщо космічне сміття вріжеться у супутник, воно або серйозно пошкодить його, або просто знищить. Особливу небезпеку становлять кубічні супутники — вони страшенно некеровані і в будь-який момент можуть кудись врізатись. Тут діє теорія «каскадного ефекту», тобто кожне зіткнення збільшує ймовірність наступного у 100 разів. Кожен знищений супутник перетворюється у сотні шматків космічного сміття [1].

Сміття у космосі, як і на Землі, є результатом безпосередньої діяльності людини. Були випадки, коли люди губили у космосі речі. Наприклад, астронавт Пірс Селлерс у 2006 році під час роботи у відкритому космосі загубив свій шпатель. Але скільки речей треба загубити, щоб у космосі літали понад 20 тисяч габаритних предметів до 10 см? Засмічення — результат запуску шаленої кількості супутників, як цивільних, так і військових, починаючи з 4 жовтня 1957 року. Тоді в Радянському Союзі запустили перший штучний супутник, створений під керівництвом генерального конструктора, українця Сергія Павловича Корольова. Цей апарат, за три місяці зробив 1440 обертів довкола Землі, а 4 січня 1958 року увійшов у верхні шари земної атмосфери та згорів.

Рис. 3. Перший супутник Землі

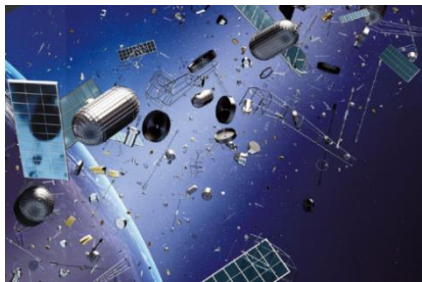
Це було початком космічної ери. В наш час мобільний зв'язок, інтернет, навігатори машин, кораблів та літаків, оборонні комплекси країн працюють через супутники та радари.

Без усіх цих речей нам складно уявити своє життя, але



космічне сміття може збити супутник, тоді виникнуть проблеми зі зв'язком. Чим більше сміття, тим більше зіткнень, і як наслідок, ще більше уламків [2].

Колись людство вважало, що можна викидати сміття у космос



Пів сторіччя тому людство вірило, що космос не має кінця і викидати в нього можна будь-що.

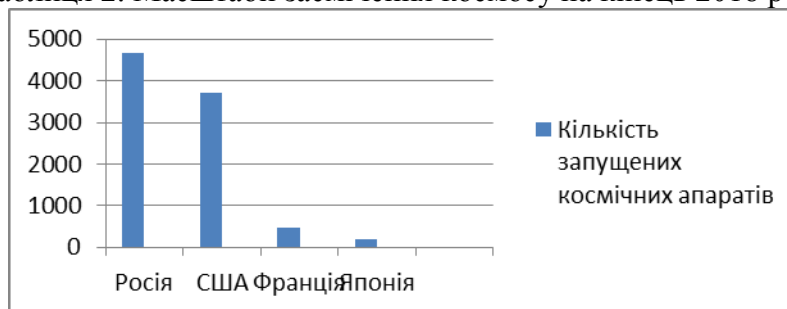
Рис. 4. Сміття, яке літає у космосі

Про цю гіпотезу та причини забруднення розповіла керуюча партнерка компанії Space Logistics Ukraine Тетяна Люлька: «Коли почали запускати космічні апарати в космос, починаючи з 60-х років, ніхто не ставив питання, що робити потім з усім тим, що буде рухатися у нас по орбіті, тому що існувала теорія безмежного неба. Вона полягала в тому, що скільки б туди не спрямували космічних апаратів, коли вони вийдуть з ладу, вони вийдуть на дальню орбіту і ніколи не зіштовхнуться».

У найближчі 100, 50, а може, і 20 років навколо Землі буде пояс з дрібніших уламків. Виявилось, що сміття не просто летить у космічному просторі, а під впливом сили тяжіння Землі обертається, як пояс, навколо нашої планети, захаращуючи нам шлях в космосі. Проте людство не надто непокоїться цим і зараз. У 2018 році Китай здійснив 39 запусків. Це більше, ніж будь-яка інша країна. Лише один з них був невдалим. США у 2018 здійснили 34 запуски, а Росія — 20. При цьому у 2016 році США витратили на свою космічну програму 36 мільярдів, а Китай — менше ніж 5 мільярдів доларів. Китай працює над створенням космічного ліфта і багаторазових ракет-носіїв. Насторожує, що там приватна компанія здійснила всього один запуск, і то невдалий.

Вважаю, що варто більше уваги приділяти безпечному завершенню польотів космічних апаратів як державних так і приватних компаній. В Америці найближче до створення економічно ефективної ракети підбираються приватні компанії, зокрема SpaceX Ілона Маска. Цей винахідник та підприємець планує колонізувати Марс та роздавати безкоштовний Інтернет по всій Землі. Тож, його компанія запускає багато супутників. Всього їх має бути 12 тисяч. Їх виводять на нижню орбіту. Звідси, після закінчення їх строку роботи, супутники мають впасти та згоріти в атмосфері. До речі, падіння великих палаючих об'єктів, вже спостерігали в Австралії та в інших країнах [2].

Таблиця 2. Масштаби засмічення космосу на кінець 2018 року



Класифікація навколоземних орбіт

Навколоземні орбіти, на які запускаються космічні апарати, прийнято ділити на наступні категорії. Низькі геостационарні орбіти (НГО) розташовуються на висоті від 160 до 2000 км над поверхнею нашої планети.

Об'єкти, що рухаються на висотах менше 200 км, відчувають помітне гальмування в самих верхніх шарах атмосфери і досить швидко падають на Землю.

Тому орбіти нижче 300 км для супутників зазвичай не застосовуються - час їх існування на таких висотах порівняно невеликий.

Всі пілотовані космічні польоти - за винятком дев'яти експедицій на Місяць в рамках американської програми Apollo - проходили в області НГО або були суборбітальними. Найбільшої висоти (не рахуючи місячних місій) досяг у вересні 1966 р екіпаж корабля Gemini 11, що мав апогей +1374 км. В даний момент всі населені орбітальні станції і переважна більшість інших штучних супутників Землі перебувають на низьких орбітах. Також на них зосереджена велика частина космічного сміття.

Багато супутників дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та апаратів військової розвідки виводять на НГО, щоб вести зйомку наземних об'єктів з якомога більш близької відстані і досягти максимально можливого розрішення. Ці ж орбіти займають деякі телекомунікаційні супутники, так як на такій висоті їм потрібні менш потужні підсилювачі сигналу. Однак, кожен подібний апарат рухається досить швидко і охоплює обмежену ділянку земної поверхні, тому створюються цілі мережі з безлічі супутників – наприклад, у супутникового телефонного оператора системи Iridium їх більше 70

Після закінчення функціонування ШСЗ здійснюється їх відведення на орбіту поховання яка, як правило, лежить вище їх робочої орбіти (щоб додатково послабити вплив атмосфери). Зокрема, низькоорбітальні розвідувальні супутники з ядерною енергетичною установкою - в т.ч. радіолокаційні - відправляють на висоту близько 650-1000 км, де розрахунковий термін їх існування становить близько 2 тис. років. Часто туди відправляється не сам супутник, а тільки активна зона реактора. Вважається, що за цей термін в ній розпадуться найшкідливіші радіоактивні ізотопи або ж людство винайде спосіб утилізувати небезпечну техніку.

Вище 2000 км знаходиться зона так званих середніх навколоземних орбіт, у ній порівняно мала кількість КА - в основному науково-дослідних і навігаційних (зокрема, супутники системи GPS рухаються по орбітах заввишки 20 350 км з періодом обертання 12 годин). Верхню межу «середньої» зони називають деосинхронною орбітою (ДСО) – її радіус 42 164 км, що відповідає висоті над рівнем моря 35 786 км. Період обертання об'єктів на таких орбітах дорівнює зоряній добі (23 години 56 хвилин 4,1 секунди). Їх окремим випадком є геостационарна орбіта - кругова і лежить в площині земного екватора (0 ° широти). Супутник, який рухається по ній, фактично виявляється «висить» над однією і тією ж точкою Землі. Тому приймальна антена, одного разу спрямована на нього, не вимагатиме подальшого наведення. Очевидно, такі орбіти особливо зручні для телекомунікаційних апаратів, а також спеціалізованих метеорологічних обсерваторій, які ведуть моніторинг певного регіону.

Геостационарна орбіта поховання розташована приблизно на 200 км вище «стандартної» ДСО. Туди відправляють супутники, що виробили свій ресурс або вичерпали запаси пального для бортових двигунів. Далі до відстані близько 300 тис. км знаходиться область високих навколоземних орбіт. Поки вони використовуються досить рідко - зокрема, в цій області простору зараз працює космічний телескоп TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite).

Синдром Кесслера

При вибуховому руйнуванні на орбіті з'являються тисячі дрібних уламків, більшу частину з яких можна відстежити з Землі. Ці фрагменти в свою чергу стикаються між собою і дробляться далі. Таке лавиноподібне зростання кількості орбітального сміття називається синдромом Кесслера, за ім'ям науковця НАСА Дона Кесслера, який виявив і дослідив цей процес у 1978 році.

Вчений спрогнозував, як і чому зросте кількість сміття та передбачив сучасний стан речей. Кожен супутник, космічний зонд або пілотована місія можуть бути потенційними джерелами космічного сміття. У міру зростання кількості супутників на орбіті та старіння наявних, ризик лавиноподібного розвитку синдрому Кесслера весь час зростає.

Побоювання через безконтрольне зростання космічного сміття і загроза втратити ключові супутники змусили науковців шукати шляхи очищення орбіти від уламків: якщо ми зможемо прибрати найпроблемніші шматки сміття, можливо, нам вдасться уникнути "синдрому Кесслера".

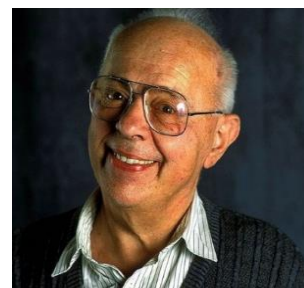
Це непросте завдання, що потребує нових технологій, потенційно - нових законів і, що критично важливо - фінансування. Європейська космічна агенція поки що відіграє тут головну роль, розробляючи місію під назвою "e. Deorbit", метою якої стане забрати із космосу старий великий європейський супутник.

На щастя, взаємодія з атмосферою на низьких навколоземних орбітах, які використовують найчастіше, ліквідує основну частину сміття. Зіткнення літаючих апаратів зі сміттям на менших висотах також не надто небезпечні, оскільки при цьому будь-які тіла втрачають швидкість, а з нею і свою кінетичну енергію, а потім, як правило, згорають у щільних шарах атмосфери.

На висотах, де тертя об атмосферу незначне (700-1000 км), час «життя» космічного сміття значно зростає. Слабкий вплив атмосфери, сонячного вітру та тяжіння Місяця можуть поступово привести до зниження його орбіти, але на це може знадобитися не одна тисяча років.

Космічна ера, що почалась у 1957 році, може закінчитися, не дочекавшись свого сторіччя. Через польоти в космос на навколоземній орбіті множить кількість сміття, а тому вони стають все більш небезпечними.

Рис. 5. Станіслав Лем - польський письменник, який виступав за чистоту космосу



Одним з перших про космічне сміття заговорив польський письменник-фантаст Станіслав Лем: «Навколо найбільшої планети Сіріуса, справжньої перлини цієї планетної системи, виникло кільце на зразок кілець Сатурна, але складається з порожніх пивних і лимонадних пляшок. Космонавт, що летить цією дорогою, змушений обходити не тільки хмари метеоритів, а й консервні банки, яєчну шкаралупу і старі газети». У 1964 році ці слова здавалися жартом, а зараз таке кільце навколо Землі вже утворилося. Його, звичайно, не видно оком, але вживати захисних заходів вже доводиться.

Мабуть, неперевершений за кількістю об'єктів (але не найнебезпечніший) викид космічного сміття здійснили Сполучені Штати в рамках проекту «Вестфорд». Тоді на полярній орбіті заввишки 3500-3800 км було розпорошено 480 млн найтонших мідних дрітків-диполів (довжиною 17,8 мм і товщиною 17,8 мікрона).

Ідея полягала в тому, щоб створити в космосі штучне середовище, що відображає радіохвилі для далекого зв'язку замість ненадійною іоносфери.

Проти експерименту виступили астрономи з британського Королівського товариства, в СРСР газета «Правда» вийшла з заголовком «*США засмічують космос*»

Більшість голок через дуже малі розміри зійшли з орбіти протягом 10 років. Але навіть у 2016 році ще відстежили 38 грудок з голок, які не розділилися при викиді, і, будучи відносно великими об'єктами, не сходять з орбіти.

У травні-червні 2007 року на службовому модулі МКС «Зірка» встановили 17 додаткових протиосколочних панелей для захисту від дрібного космічного сміття. Для цього космонавти Олег Котов і Федір Юрчихін двічі виходили у відкритий космос. Під час другого виходу на поверхні модуля «Зоря» було виявлено отвір, «схожий на кульовий».

Подібний отвір діаметром 6 мм, пробитий частинкою розміром 1-2 мм, побачив в 2013 році в сонячній батареї станції астронавт Кріс Хедфілд. Досі такі пошкодження не

завдавали станції серйозного збитку. Однак ризик несподівано отримати пробоїну є завжди. США, Росія та ЄС ведуть постійний моніторинг космічного сміття. Протягом 2019 року відстежували понад 17,5 тис. об'єктів. З них 6 тис. - діючі і непрацюючі космічні апарати та ступені ракет, а майже 10 тис. - великі уламки (5-10 см і більше). Для всіх цих об'єктів визначають орбіти, але точно прогнозувати їх рух неможливо. По-перше, є похибки вимірювання положень і швидкостей, по-друге, орбіти уламків весь час трохи змінюються. Перш за все на їх русі позначається опір атмосфери, щільність якої на великій висоті непостійна.

Певний внесок дає тиск сонячного світла, яке залежить від відбивних властивостей і орієнтації об'єкта. Є вплив геомагнітного поля.

Нарешті, гравітаційні збурення від Місяця, планет і нерівномірного розподілу маси всередині Землі не піддаються абсолютно точному обліку. Якщо за прогнозом ймовірність зіткнення МКС з будь-яким об'єктом перевищує 0,01%, станція включає двигуни і здійснює маневр ухилення. Робити це доводиться в середньому раз на рік, але, у 2012 році довелося робити аж чотири таких маневру. Іноді виявити загрозу вдається надто пізно і здійснювати маневр вже ніколи. У таких випадках на станції оголошується евакуація: екіпаж надягає скафандри і займає місця в пристикованих космічних кораблях - їх розмір значно менше і ймовірність потрапити під удар нижча.

За час експлуатації МКС таке відбувалося чотири рази. Однак, проблема у тому, що відстежувати з Землі можна тільки великі уламки - як правило, діаметром більше 10 см. Захисні панелі не встоять навіть проти сантиметрового «снаряда», що летить з орбітальною швидкістю. Ця швидкість на порядок вища, ніж у автоматної кулі, яка при такому розгоні набула б енергії гранати, що розірвалася.



Рис. 6. Вибоїна в одному з оглядових ілюмінаторів МКС

У космосі такі уламки ще й розходяться по висоті. Таких «гранат» сантиметрового діаметру більше. За сучасними оцінками, навколо Землі літає їх вже близько 700 тис. Якби ці уламки виявилися мінами на поверхні Землі, відстань між ними склала б 25-30 км.

Неконтрольований розвиток синдрому Кесслера може привести до того, що польоти в космос (або, принаймні, тривалі роботи на низьких орбітах) надовго стануть неможливими. Чим менше об'єкт і чим нижче він рухається, тим сильніше гальмує його земна атмосфера. З низьких орбіт дрібне сміття досить швидко випадає на Землю, згоряючи в атмосфері. Навіть МКС, що летить на висоті 400 км, втрачає висоту зі швидкістю близько 100 м на добу.

На висотах 700-1000 км уламки можуть обертатися навколо Землі століттями, стикаючись один з одним і породжуючи зливи уламків. Саме на цих висотах, де уламки живуть довго, найбільш небезпечний розвиток синдрому Кесслера. Виняток - геостаціонарна орбіта на висоті 35 786 км, де знаходяться сотні працюючих і занедбаних апаратів. Втім, і вони можуть викликати серйозні пошкодження крихких антен та сонячних батарей, а побитий супутник в сервіс не повезеш.

Тому на початку 2000-х років, щоб уникнути неприємностей, було вирішено, що всі нові супутники після завершення експлуатації повинні переводитися на так звану орбіту поховання - приблизно на 300 км вище геостаціонарної.

Дослідження показують, що вже на початку цього століття кількість навколоземних об'єктів перевищила той рубіж, коли почав розкручуватися синдром Кесслера. Навіть, якби космічні запуски раптом припинилися 10 років тому, то кількість космічного сміття на орбіті продовжувала б зростати за рахунок зіткнень. У 2007 році Китай провів випробування протисупутникової ракети «Фен'юнь-1С». Ракета протаранила виведений з

експлуатації метеорологічний супутник на висоті 865 км, тобто в найбільш небезпечній зоні. Результатом став найбільший в історії викид космічного сміття.

10 лютого 2019 року сталася перша серйозна сутичка, що знищила діючий космічний апарат - супутник глобальної системи зв'язку «Ірідіум». У нього врізався виведений з експлуатації російський супутник «Космос-2251», запущений в 1993 році. Сталось це над півостровом Таймир на висоті 789 км - знову в самому невдалому місці.

Супутники йшли майже перпендикулярними курсами і зіткнулися зі швидкістю 11,7 км/с. Обидва були повністю знищені розлетівшись на 2200 фрагментів. В результаті утворилося понад 2 тис. великих уламків і десятки тисячі дрібних. В основному вони розподілені уздовж орбіт двох супутників, але деякі досить сильно від них відхиляються.



Рис. 7. Зіткнення КА «Iridium 33» та «Космос-2251»

У сукупності ці дві події збільшили кількість відслідковуваного великого космічного сміття приблизно в 1,5 рази.

Без них такий рівень засміченості навколоземного простору був би досягнутий через 20-30 років. А зараз прогнози звучать досить тривожно: зіткнення, подібні до тих, що трапилися в 2009 році, будуть відбуватися приблизно раз в п'ять років [3].



Рис. 8. Пробоїна в панелі супутника SolarMax (NASA), утворена в результаті зіткнення осколком космічного сміття

Як позбутися космічного сміття? Сітки та гарпун.

Ця ідея більш відома як ElectroDynamic Debris Eliminator (EDDE), полягає в тому, щоб відправити в космос супутник, озброєний сітками і гарпуном. Дійсно, захоплювати супутники й інші об'єкти, що збилися зі шляху, можна звичайною сіткою. Цей план зручний, недорого коштує і може будь-коли вирушити з місією на низьку навколоземну орбіту.

20 червня 2018 з МКС запустили перший космічний корабель, призначений для очищення навколоземної орбіти від сміття. Апарат оснащений гарпуном і сіткою, й буде збирати уламки розміром до 10 см. За оцінками фахівців, кількість подібних решток на орбіті становить приблизно 8 тис. тон, а ефективного способу боротися з цією проблемою все ще немає. Тому в надії вирішити це питання інженери з британської компанії SSTL і спеціалісти з декількох інших європейських країн і Південної Африки розробили експериментальний супутник RemoveDebris.

20 червня 2018 року апарат вагою в 100 кг успішно запустили на навколоземну орбіту. Для збору сміття RemoveDebris використовує сітку та гарпун. Вже на першому етапі місії в вересні апарат випустив невеликий супутник для дослідження космосу. На другому етапі в грудні RemoveDebris КА шукав уламки для того, щоб їх можна було вивчити, а дані про наближення цих об'єктів відправляти на Землю. На останній фазі RemoveDebris випустив гарпун, який буде ловити сміття з максимальним розміром у 10 см в спеціальну висувну панель. У разі успіху космічний апарат пізніше розгорне вітрило й використає його для того, щоб швидше потрапити у верхні шари атмосфери Землі та згоріти в ній.

Космічні повітряні кулі

Американська корпорація Global Aerospace винайшла нестандартне рішення боротьби з космічними відходами. В основі методу – ідея транспортування сміття в атмосферу Землі, де воно, з великою ймовірністю, швидко згорить. Як буксир учені запропонували використати величезні повітряні кулі — Gossamer Orbit Lowering Device, або GOLD («Легкий, як павутинка, пристрій зниження орбіти»). Уперше свій винахід Global Aerospace презентувала на конференції з астродинаміки у 2010 р.

Кулі GOLD пропонують виготовляти з надтонкого, але міцного матеріалу. Діаметр становитиме 37 метрів. До цілі призначення їх збираються виводити складеними. Науковці заявили, що загальна вага коробки з кулею та пристроєм для надування становитиме 36 кг. Після зустрічі з мішенню-сміттям GOLD прикріплюється до об'єкта. Наступний етап — природне збільшення сили тертя цього тандему, що посприяє зниженню швидкості та подальшому входженню в щільні шари атмосфери.

Рис.9. Повітряна куля проти сміття

Реактивний буксир - Проект CleanSpaceOne від EPFL.

Для більших об'єктів можна було б використовувати роботів, які будуть рухати супутники до повторного входу в атмосферу. Цей проект передбачає створення супутника у формі кубу, який буде переслідувати, захоплювати і знищувати космічне сміття.

Щоправда, вартість буде непомірно високою - близько 200 мільйонів доларів для кожної місії.

Рис. 10. Реактивний буксир

Лазерне знищення космічного сміття

На початку 2018 р. Цюань Вень та його колеги з Інженерного університету ВПС Китаю запропонували новий метод очищення космічного простору. Вони планують випаровувати або розбивати непотрібні об'єкти за допомогою лазера.

Китайці змогли побудувати цікаву комп'ютерну модель, довели, що орбіти «зброї» і сміття мають бути розташовані в одній площині, а також вибрали мішенями уламки понад 10 см. Обстріл планують вести з періодичністю 20 пострілів на секунду. Внаслідок цього сміття має або згоріти, або змінити свою швидкість і поступово «впасти» в атмосферу.

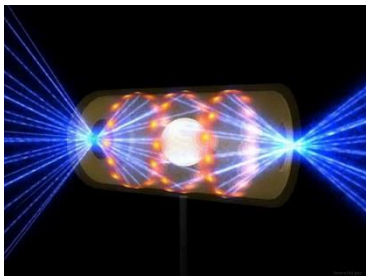


Рис. 11. Перенаправлення за допомогою лазера

Проте, для роздроблення такого великого за космічними мірками сміття знадобиться дуже сильний лазер, а він вже буде вважатися космічною зброєю.

Як відомо, міжнародним правом заборонено використання космічної зброї. Також незрозуміло, чим житиметься такий потужний пристрій. Зрозуміло одне — винахідники лазера тільки на початку свого шляху, і наразі невідомі всі тонкощі нового космічного очищувача [4].

Чи можливо за короткий термін повністю очистити космос?

Досі на орбіту Землі не виведено жоден сміттєзбирач. Учені й далі вирішують головну проблему — як зробити пристрій таким, щоб не пошкодити під час «збирання»

супутники, які функціонують. Інші фахівці порушують питання профілактики засмічення космосу. По-перше, вони пропонують робити супутники більш довговічними, а по-друге, збільшити їхню маневреність.

Також NASA та ESA зараз серйозно підійшли до створення каталогу орбіт усіх космічних уламків, що надалі сприятиме зменшенню ймовірності зіткнення супутника або МКС із відходами.

Засмічення космосу відбувалося протягом багатьох років, і очистити весь простір за короткий проміжок часу, на жаль, неможливо. На це все піде багато років, і тільки з часом космос буде чистішим. Але за умови, якщо людство усвідомить, що це все залежить від нас.

Вважаю безглуздими пропозиції, які зустрічаються в Інтернеті - розстрілювати відпрацьовані КА, адже це значно збільшить кількість сміття.

Доведеться обмежити, або ж зовсім заборонити запуск КА, щоб усе запущене в космос не перетворилося у сміття і не знищило творців КА та нашу чудову планету [5].



Рис. 12. Теперішній стан космосу

Вважаю:

1) необхідно запозичити та допрацювати досвід проекту «Falcon 9» Ілона Маска і в космос посилати тільки ті космічні апарати, які відпрацювавши свій ресурс зможуть повертатися на Землю. Це буде економія ресурсів та порятунок екології;

2) замінити дороговартісне паливе та розгінні блоки на ракетах МАК- малими адронними колайдерами, з довжиною розгінного блоку не 27 км, як на ВАК, а 2,7 метри.

МАК розміщувати на ракетах носіях, або краще відмовитись від ракет, які виносять у космос апарати, а МАК розміщувати на самих КА. Атоми нейтрального водню, яких достатньо у Всесвіті, служитимуть паливом. Їх варто розганяти до швидкості близької до швидкості світла, а ще ними завжди можна поповнити блоки МАК. Такі космічні апарати могли б літати надзвичайно швидко, як завгодно далеко, працювати як завгодно довго, а при необхідності повертатися в місце старту.

Список використаних джерел:

1. Що вважають космічним сміттям? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unian.ua/ecology/trash/10119362-kosmichne-smittya-yak-motloh-na-orbiti-mozhe-zupiniti-eru-osvoyennya-kosmosu-video.html>
2. Звідки береться сміття у космосі? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hromadske.radio/publications/zvidky-u-kosmosi-smittya-ta-yak-yogo-pozbutys>
3. Синдром Кесслера. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bbc.com/ukrainian/science/2015/08/150806_space_junk_problem_sa
4. Як позбутися космічного сміття? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iev.aero/press-centre/news/66>
5. Чи можливо за короткий термін повністю очистити космос? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://enovosty.com/uk/news/full/2802-kosmichne-zvalishhe-yak-ochistiti-orbitu-zemli-vid-smittya>

SPACE TRASH

Olga Basaraba – student of 10th grade of secondary school №16, RCTCSY

My project dwells on the threat of space trash for the Earth, its causes and consequences. Namely, about the increase of space contamination and methods of avoiding this acute problem and improving the ecological condition of space.

Key words: space, trash, the Earth, contamination, humanity, threat, cleanup.