

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ ТА ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТОРУ

*Анжеліка Давидова*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8120-7235>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

*Данило Рак*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7397-1699>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

### Вступ

Розвиток космічних технологій у минулому столітті привів до нового етапу в освоєнні космосу. Запуски супутників, космічних станцій, а також планування майбутніх міжпланетних місій стали реальністю. Однак разом із зростанням активності у космосі, збільшується кількість сміття, яке залишається на орбіті Землі. Ця проблема, відома як забруднення навколоземного космічного простору, стає все більш актуальною і потенційно небезпечною. Особливе занепокоєння викликає так само і тривалість перебування залишків сміття на космічній орбіті. Методи боротьби із ними існують, але вони малоефективні та потребують постійного вдосконалення.

Динаміка зростання кількості супутників, розмахів космічних місій та постійність космічних запусків створює ризик подальшого загострення ситуації забруднення космосу. Важливо зрозуміти причини цієї проблеми, її наслідки та шляхи подолання.

### МЕТА І ЗАВДАННЯ

Основною метою даної роботи є аналіз сучасного стану забруднення навколоземного космічного простору, визначення його впливу на космічні місії, супутникові системи та середовище, а також розробка ефективних стратегій для вирішення цієї проблеми.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- зібрати та проаналізувати наявні дані щодо кількості та розподілу космічного сміття;
- вивчити наслідки забруднення навколоземного космічного простору для космічних місій, супутникових систем та земної екосистеми;
- розробити рекомендації щодо подальших кроків у зменшенні

кількості космічного сміття та збереженні космічного середовища.

## **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Для досягнення поставлених завдань були використані різноманітні джерела інформації, включаючи дані космічних агентств, результати наукових пошуків у галузі космічної технології та екології та різноманітні статті на цю тему.

Проведені наукові дослідження та спостереження дають все більш інформації про екологічний стан космічного простору. Використані джерела дозволили отримати об'єктивну картину сучасного стану рівня забруднення космосу.

Важливою складовою роботи була статистична обробка отриманих даних та їх інтерпретація з метою виявлення тенденцій та ключових факторів, що впливають на забруднення космічного простору.

## **РЕЗУЛЬТАТИ**

На початку розвитку ракетно-космічної техніки наслідки запусків ракет-носіїв у космічний простір не враховувались, оскільки кількість таких запусків протягом року становила одиниці. Але з той пори минуло більш шести десятиріч. Щороку десятки країн та комерційних організацій розміщують корисний вантаж у навколосемному просторі. Верхні ступені ракет-носіїв, які виконують доставку корисного вантажу на робочу орбіту залишаються там дуже тривалий час.

Станом на 2012 рік на навколосемній орбіті оберталось близько 19 000 об'єктів [1]. За наведеними даними, на 2021 рік, навколо Землі оберталось 130 млн. невеликих об'єктів розміром до 1 см, які перетворилися на сміття [2]. Рисунок ілюструє темпи забруднення навколосемного космічного простору протягом останніх 65 років.

На березень 2023 року, мережа американського космічного спостереження вже відслідковувала понад 23 000 об'єктів космічного сміття, які перевищують розмір м'яча для софтбоулу на орбіті Землі. З них 3000 – це відпрацьовані супутники. Проте більшість фрагментів на орбіті занадто малі для сталого спостереження за ними. За останніми дослідженнями фахівців на орбіті Землі також перебуває понад 100 трильйонів невідслідковуваних частинок космічного сміття. Більшість з них має розмір менше 1 сантиметра, і через відсутність опору атмосфери рухаються зі швидкістю понад 25200 км/год, що вдсятеро перевищує середню швидкість кулі на Землі [3].

За даними вчених, маса сміття (на 2017 рік вона становить близько 7,2 тисячі тон) на орбіті продовжує зростати - за останні три роки

вона зростала щороку приблизно на 100 тон, або приблизно на 2%.

Проведений аналіз показав, що навколоземний космічний простір насичений великою кількістю різноманітних об'єктів, які представляють різний ступінь загрози для космічних місій та супутникових систем. Великі об'єкти, такі як непрацюючі супутники та відокремлені ракетні ступені, можуть становити пряму загрозу для майбутніх місій. Крім того, існує велика кількість дрібних фрагментів, які є важливим фактором ризику для космічних апаратів.



Рисунок 1 – Темпи зростання рівня забруднення космічного простору

Детальний аналіз показав, що проблема забруднення космічного простору має потенційно серйозні наслідки як для космічних місій, так і для земної екосистеми. Необхідно прийняти негайні заходи для зменшення ризиків та підвищення безпеки космічних місій.

Одним з таких заходів, внесення деяких змін у конструкції існуючих ракет-носіїв та розробка нових виробів ракетно-космічної техніки, експлуатація яких передбачає наявність спеціальної системи вводу відпрацьованих ракетних блоків з навколоземної орбіти у щільні шари атмосфери або у дальній космос [8]. Крім того, необхідною повинна бути наявність у складі будь-якого супутника системи його усунення з робочої орбіти після завершення терміну його активного функціонування.

## ВИСНОВКИ

Забруднення навколоземного космічного простору становить серйозну загрозу як для космічних місій, так і для земних екосистем. Для ефективного вирішення цієї проблеми необхідно прийняти комплексний підхід, включаючи розробку та впровадження міжнародних

стандартів управління космічним сміттям, стимулювання інновацій у сфері космічної технології, а також активне залучення міжнародної спільноти до спільних зусиль у цьому напрямку.

## ПОСИЛАННЯ

1. Проблема засміченості навколоземного космічного простору - Проблема космічного сміття на сьогодні. (б. д.). Wayback Machine. <https://web.archive.org/web/20230313221051/https://sites.google.com/site/kosmichnesmittya/problem/problema-zasmicenosti-navkolozemnogo-kosmicnogo-prostoru>

2. Шовкун, І. (2021, 21 грудня). Навколо Землі обертаються мільйони об'єктів, які перетворилися на космічне сміття. РБК-Україна. <https://web.archive.org/web/20211224181354/https://www.rbc.ua/ukr/news/zemli-vrashchayutsya-millions-obektov-kotorye-1640086204.html>

3. Орбіта Землі перетворилася на космічне сміттєзвалище: Чим це загрожує людству. (б. д.). 24 Канал. [https://24tv.ua/tech/shho-take-kosmichne-smittya-chim-vono-nebezpechne-dlya-lyudey\\_n2272971](https://24tv.ua/tech/shho-take-kosmichne-smittya-chim-vono-nebezpechne-dlya-lyudey_n2272971)

4. Визначення зон небезпеки в районах падіння відокремлюваних частин ракети-носія з урахуванням невизначеності висоти їхнього первісного руйнування. (2015). *Космічна наука технологія*, 21(6), 49–55.

5. Бомбарделлі, К., Алпатов, А., Пироженко, О., & Баранов, Є. (2014). Проект космічного пастуха з іонним променем. *Космічна наука технологія*, 20(2), 55–60.

6. Журавель, О. С., Дронь, М. М., Журавель, А. С., & Дронь, Н. М. (2015). Оцінка можливостей ракет-носіїв для виведення засобів відводу космічних об'єктів з навколоземних орбіт.

7. Давидова, А., & Шевцов, В. Ю. (2020). Екологічні аспекти інформаційного середовища планети земля. У *Людина і космос* (с. 111). Державне космічне агентство України національний центр аерокосмічної освіти молоді ім. О. М. Макарова.

8. Федоров, О. (2019). *Космічна діяльність: Підходи до розробки стратегії Why space for Ukraine?* Наукова Думка.