УДК 504.05, 629.78
DOI:10.62717/3083-7057-2026-1-086

Каракай М.Ю.,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
E-mail:karakai_m@365.dnu.edu.ua

Сизоненко Р.М.,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ORCID 0009-0007-1023-3894
E-mail:syzonenko_r@365.dnu.edu.ua

ЕКОЛОГІЯ ОРБІТИ: ЧОМУ КОСМОС БІЛЬШЕ НЕ БЕЗМЕЖНИЙ

Анотація. У роботі розглядається проблема космічного сміття як глобальної загрози для подальшого освоєння космосу. У ній пропонується розглядати орбіту Землі як обмежений ресурс, а також пояснюється небезпека, яку становить прискорений рух об’єктів на орбіті. Особлива увага приділяється «синдрому Кесслера» — гіпотетичній ланцюговій реакції зіткнень, яка може повністю перекрити людству доступ до космосу. Приділяється увага різноманітним заходам, спрямованим на запобігання забрудненню орбіти, зокрема встановленню обмежень на термін експлуатації космічних апаратів, запровадженню екологічних зборів та створенню міжнародного фонду для відновлення космічного простору.
Ключові слова: космічне сміття, навколоземна орбіта, синдром Кесслера, кінетична енергія.

M. Karakai,
Oles Honchar Dnipro National University
E-mail:karakai_m@365.dnu.edu.ua

R. Syzonenko,
Oles Honchar Dnipro National University
ORCID 0009-0007-1023-3894
E-mail:syzonenko_r@365.dnu.edu.ua

ORBITAL ECOLOGY: WHY SPACE IS NO LONGER BOUNDLESS

Annotation. This paper examines the issue of space debris as a global threat to the further exploration of space. The text asserts that Earth's orbit should be regarded as a finite resource and clarifies the danger posed by the accelerated movement of objects in orbit. Special emphasis is placed on the "Kessler syndrome," which is a hypothetical cascade of collisions with the potential to entirely obstruct humanity's access to space. A variety of measures aimed at preventing orbital pollution are explored, including the imposition of limits on the operational lifespan of spacecraft,

the introduction of environmental levies, and the creation of an international fund for space remediation.

Keywords: space debris, Earth orbit, Kessler syndrome, kinetic energy.

Орбіту слід вважати обмеженим ресурсом. Людство звикло сприймати космос як безмежний порожній простір, де є достатньо місця для всього. Проте реальність інша: навколоземні орбіти, доступні для використання, є вичерпним ресурсом, порівнянним із родючими ґрунтами або корисними копалинами. Зараз населення Землі перебуває на межі кризи, оскільки через накопичення відходів людство може опинитися в залежності від власної планети без доступу до позаземних ресурсів. Сучасний етап освоєння космосу переходить від окремих наукових місій до масового використання навколоземних орбіт, що, у свою чергу, призводить до нової глобальної загрози – космічного сміття. На відміну від наземних екологічних проблем, забруднення орбіти має критичний поріг, після досягнення якого процес стає некерованим. Придатні для використання орбіти є вичерпним ресурсом, збереження якого є необхідною умовою для подальшого існування технологічної цивілізації [1].

Головним фактором ризику в умовах навколоземного простору є значна кінетична енергія об'єктів. На низьких орбітах (до 2000 км) об'єкти рухаються зі швидкістю понад 7.5 км/с (понад 28 000 км/год). Така швидкість сприяє тому, що енергія зіткнення з об'єктом масою кілька грамів буде еквівалентна вибуху гранати. Це створює безпосередню загрозу швидкого знищення супутників та потенційної розгерметизації житлових модулів космічних станцій [2].

Окремо слід розглянути так званий «синдром Кесслера». Ця теорія окреслює потенційний сценарій розвитку загрозливих ситуацій, відповідно до якого щільність космічного сміття на визначеній висоті досягає такого рівня, що випадкове зіткнення двох апаратів здатне спричинити ланцюгову реакцію. Наслідком цього може стати утворення навколо планети суцільної хмари металобрухту та, відповідно, повна втрата можливості здійснення космічних польотів. Заходи запобіжного характеру можуть передбачати встановлення конкретного терміну, протягом якого апарат має право перебувати у космічному просторі, запровадження екологічних зборів, а також створення міжнародного фонду для очищення орбіти, який фінансуватиметься за рахунок внесків з кожного комерційного запуску [3].

Вирішення проблеми космічного сміття полягає у переході від споживацького до сталого використання навколоземного простору. Комбінування методів активного очищення, відповідального проєктування та строгого міжнародного нагляду є єдиним шляхом для збереження доступу людства до космосу. Якщо людство не розпочне прибирання вже сьогодні, наступні покоління можуть назавжди залишитися без можливості досліджувати космос.

Бібліографічні посилання

1. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee. IADC space debris mitigation guidelines. IADC-02-01, Revision 1. 2021. URL: https://www.iadc-home.org (дата звернення: 13.03.2026).
2. Johnson N. L., Liou J.-C. Risks to space sustainability from space debris. Acta Astronautica. 2018. Vol. 146. P. 402–410.
3. European Space Agency. Space Debris: The ESA Approach. ESA Official Website. 2022. URL: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris (дата звернення: 13.03.2026).