ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

УДК 669-5.713.7 https://doi.org/10.33573/ujoh2019.04.318

КОСМІЧНЕ СМІТТЯ ЯК ГЛОБАЛЬНА ТА ПРОМИСЛОВО-ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА. ШЛЯХИ ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Думицька І. В., Солоха Н. В.

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

Вступ. У XXI столітті космічна діяльність акумулює передові досягнення науки та техніки, стимулює створення високоефективних технологій для виробництва продукції, конкурентоспроможної на світовому ринку. Але при цьому кількість космічних уламків на навколоземній орбіті зростає з року в рік, а ніяких конструктивних рішень цієї проблеми не пропонується.

Мета дослідження – вивчення екологічного стану навколоземного простору планети Земля та оцінка методик утилізації космічного сміття.

Матеріали та методи дослідження. Математико-статистичний аналіз, аналіз наукової літератури та інформаційних електронних баз, натурний метод.

Результати. Ефективне використання транспорту, розвиток науки та освіти, можливість забезпечити надійність і достовірність гідрометеорологічних прогнозів та ін. не можливе без присутності космічної техніки в навколоземному просторі. Але така інтенсифікація виробництва несе за собою низку проблем, а саме накопичення сміття в усіх шарах атмосфери та космічному просторі. У 1960–2016 роках кількість викидів карбону діоксиду збільшилась з 4960 до 31 875 т, кількість карбону (II) оксиду – з 120 до 255 т, а кількість оксиду азоту – з 664 до 1402 т. Дана проблема викликає занепокоєння в науковців, зокрема, уже розроблено науковими інститутами США і Європі методики боротьби з космічним сміттям.

Висновки. Космічне сміття – реальна екологічна загроза, новий антропогенний чинник, який наносить шкоду екології планети. В Україні на сучасному етапі розвитку проводяться дослідження кількісних і якісних характеристик космічного сміття, проте, поки що Україна не долучена до проєктів з очищення навколоземного простору. Математичні розрахунки показали, що викиди, які щорічно здійснюються в атмосферу Землі, надзвичайно великі. Згідно з нашими розрахунковими прогнозами, викиди будуть зростати й надалі більш ніж на 50 % кожні 10 років.

Ключові слова: навколоземний простір, космічні відходи, глобальна проблема

Вступ

Людство досягло надзвичайних успіхів у дослідженні космічного простору. З еволюцією телескопів відкривалися все нові й нові таємниці «темного простору». Від початку космічної ери (1957 р.) запустили у космос понад 5 тис. супутників і кораблів, що надалі створило неймовірне навантаження й забруднення орбіти.

Система спостереження космічного простору США нині відслідковує майже 18 000 об'єктів розміром понад 10 см, з яких тільки 1200 – супутники, які функціонують. Окрім цього, існує близько 750 тис. так званих «куль, що літають» діаметром близько 1 см і майже 150 млн фрагментів розміром менше ніж 1 мм [1, 2].

Кожен із цих об'єктів має величезний заряд кінетичної енергії (орбітальна швидкість становить 17 тис. м/с) і може спричинити серйозні ушкодження супутників.

Космічне сміття або орбітальне сміття – некеровані об'єкти антропогенного походження, які більше не виконують своїх функцій та літають навколо Землі або в меншій мірі навколо інших планет. Ці об'єкти різноманітного походження становлять загрозу космічним апаратам [3].

Під час запуску космічних літальних апаратів здійснюються викиди різноманітних шкідливих агентів, таких як оксиди карбону та азоту, що згубно впливають на екологію планети.

Орбітальне сміття становить реальну загрозу для космічних польотів. Кількість сміття в космосі збільшується в геометричній прогресії.

Мета дослідження – вивчення впливу космічного сміття та його походження на екологічний стан навколоземного простору планети Земля та оцінка методик утилізації космічного сміття.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні використано математико-статистичний аналіз, аналіз наукової літератури та інформаційних електронних баз, натурний метод.

© Колектив авторів, 2019

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

Результати дослідження та їх обговорення

Над проблемою космічного сміття працюють учені з Інституту космічних досліджень Національної академії наук України та Національного космічного агентства України. Особливої уваги заслуговує праця Є. І. Гладкого та В. І. Перлика «Математичні моделі оцінки ризику для наземних об'єктів при пусках ракети-носія», в якій вони визначили зони небезпеки в районах падіння відокремлюваних частин ракети [4].

У своїй науковій роботі дослідник В. І. Романов класифікував космічне сміття на техногенне (виникло внаслідок діяльності людини) і природне (орбітальне космічне сміття позаземного походження). У свою чергу техногенне космічне сміття він поділив на: орбітальне техногенне сміття — це уламки літальних апаратів ракето-космічної техніки, а також допоміжних приборів і механізмів, які більше не представляють ніякої цінності в експлуатації; газоподібні викиди — газоподібна «хмара» продуктів, яка виділилась із конструкції літального апарату під час роботи двигуна; орбітально потенційно побутові відходи — несправні літальні апарати ракето-космічної техніки та їхні фрагменти, які можуть бути використані як сировина; орбітальне сміття — продукти життєдіяльності космонавтів у навколоземному космічному просторі. У даній статті інформація буде присвячена техногенному сміттю [5].

Дослідження показують, що космічне сміття розподілене по орбітах шарами. Це пов'язано з функціональним навантаженням на ту чи іншу орбіту: чим вона зручніша, тим більше супутників на ній працює. Проте через деякий час частина з них перетворюється на металобрухт, що забруднює простір. Найнижчі освоєні людиною орбіти використовуються апаратами для зйомки поверхні Землі, метеорологічних спостережень і зв'язку, військовими та науковими супутниками та зондами, пілотованими кораблями та станціями: вони літають на висоті від 300 до 2000 км. Саме тут знаходиться приблизно 70 % космічного сміття і його концентрація на «найзаселеніших» висотах (850—1200 км) досягла такої величини, що навіть якщо зараз припинити нові запуски супутників, то приблизно з 2055 року кількість знову утворюваних об'єктів сміття почне перевищувати його так зване «самоочищення» [6].

Як відомо, зі збільшенням висоти щільність земної атмосфери зменшується. На висоті 300 км і більше вона вже дуже мала, але не настільки, щоб не враховувати силу опору, яка викликає поступове зниження пасивних антропогенних об'єктів. З часом уламки входять у щільні шари атмосфери й згорають у них. Швидкість такого процесу пов'язана з часом існування даних антропогенних об'єктів, тобто їхнього спуску з власної орбіти до висоти згорання в щільних шарах атмосфери. Час існування даних антропогенних об'єктів приблизно пропорційний величині $m\ (CxS)$,

де m — маса об'єкта,

Cx — коефіцієнт аеродинамічного опору,

S — площа поперечного перерізу [7].

Цей час для супутників з висотою орбіти 400 км складає менше одного року, але для супутників з висотою орбіти 900 км — від декількох десятків до сотень років. Самоочищення на орбітах вище ніж 1000 км відбувається вкрай повільно.

Першими в навколоземний простір запустили штучний супутник представники колишнього СРСР у 1957 році й залишили в ньому ступінь ракети, яка й виводила цей супутник на навколоземну орбіту. В цілому в 1961 році, коли Юрій Гагарін полетів у космос, там уже було близько 200 об'єктів антропогенного походження. Американські вчені (1961—1963 рр.) у своєму проєкті «Вестфорд» вирішили створити нову іоносферу й розсипали на середній навколоземній орбіті понад 480 млн мідних голок, що перетворилися на величезне кільце, яке відбивало радіосигнали. Після закінчення проєкту лише частина голок були утилізовані, 46 скупчень залишились на орбіті. У 1968—1985 роках США та СРСР запустили перші протисупутникові ракети, у результаті цих дванадцяти пусків утворилося близько 60 тис. об'єктів різних розмірів. Близько 3 тис. уламків утворилося в космічному просторі через вибух ракети «Аріан» (Франція, 1986 р.). У свою чергу в Китаї вирішили знищити несправний метеорологічний супутник за допомогою протисупутникової ракети (2007 р.), внаслідок чого утворилось близько 2600 десятисантиметрових уламків і десятки тисяч дрібніших. Через рік американські дослідники вивели зі строю власний експериментальний військовий супутник, запущений у 2006 році. У 2009 році сталося найбільше «космічне ДТП» — супутник американського оператора супутникового зв'язку «Іридіум-33» (680 кг) зіткнувся на орбіті з неробочим російським апаратом «Космос-2251» (900 кг), що призвело до

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

утворення близько 600 уламків розміром понад 5 см і декількох тисяч — розміром менше ніж 1 мм.

Як бачимо, не одна країна взяла участь у забрудненні навколоземного простору, хоча дії їх були не навмисні та спрямовані на покращання життя людства.

Дехто з учених вважає, що космічне сміття є зброєю масового ураження. Космос-954 — радянський супутник радіолокаційної розвідки з ядерною бортовою енергетичною установою 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 Північно-Західних територій. Це, у свою чергу, призвело до збитків для СРСР розміром в 6 млн доларів США. Людських втрат вдалося уникнути [8].

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

Через «червоне наближення» (коли об'єкт космічного забруднення наближається настільки близько, що несе загрозу космічній станції), яке відбулося в 2014 році, Міжнародній космічній станції (МКС) довелося тричі коригувати траєкторію свого польоту. Незважаючи на те, що такі випадки трапляються вкрай рідко, тому що МКС знаходиться на висоті з мінімальною кількістю космічного сміття, наслідки таких зіткнень можуть призвести до колосальних збитків.

Для нашого дослідження наявності космічного сміття в навколоземному просторі використовувався оптичний телескоп моделі Protos Astronomical 60700 Advanced Telescope Monocular, який збільшує видимий кутовий розмір і видиму яскравість спостереження максимум у 512 разів, а також з цією самою ціллю ми використовували й найпотужніший телескоп, що знаходиться в астрономічній обсерваторії Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, але побачити космічне сміття через нього не вдалося.

Космічне сміття (головним чином літальні апарати, які відслужили свій термін) по довільних орбітах обертається навколо планети з величезною швидкістю. Ці об'єкти мають величезний запас кінетичної енергії. Час від часу вони стикаються, утворюючи ще більшу кількість дрібних об'єктів, — і чим вони дрібніші, тим небезпечнішими вони стають для діючих супутників і літальних апаратів. При достатньо великій кількості зіткнень кількість нових уламків, які виникають лавиноподібно, може зробити навколоземний космічний простір абсолютно непридатним для польотів, і в цьому й полягає суть «ефекту Кесслера». «Ефект Кесслера» названий за іменем науковця НАСА Дона Кесслера, який виявив і дослідив у 1978 році процес утворення нових уламків під час зіткнень у навколоземному космічному просторі, довівши, що такий сценарій розвитку подій — хоч його часто перебільшують — цілком реальний [9].

Щорічно Росія запускає в космос близько трьох десятків ракет, а це 13 505 т карбону діоксину, 111 т карбону (II) оксиду і 610 т оксиду азоту; США відправляє в атмосферу 11 315 т карбону діоксину, 93 т карбону (II) оксиду і 511 т оксиду азоту, але лідером виявився Китай — 15 000 т карбону діоксину, 120 карбону (II) оксиду і 660 т оксиду азоту.

Українськими ракетами, за час незалежності України, було здійснено 148 пусків, що призводить до утворення 25 729,8 т карбон діоксиду, 765,16 т карбону (II) оксиду і 372,96 т оксиду азоту. Тобто, Україна безпосередньо також бере участь у забрудненні космічного простору.

Знаючи скільки пусків за рік здійснюється [10], а також скільки приблизно тонн карбону діоксиду, карбону (II) оксиду, оксиду азоту спалюється в разі запуску однієї ракети [11], можна розрахувати, скільки тонн шкідливих речовин викидається в атмосферу. Наприклад, у 2018 році було здійснено 114 пусків, ми знаємо, що в разі пуску однієї ракети викиди CO_2 становлять приблизно 375 т, CO — 3 т і NO — 16,5 т, отже, викиди в 2018 році становлять $CO_2 = 375 \cdot 114 = 42\,750$ т, $CO = 3 \cdot 114 = 342$ т, $NO = 16{,}5 \cdot 114 = 1881$ т. І за таким принципом

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

розраховуємо для кожного необхідного нам року. У таблиці 1 зведені та проаналізовані нами дані літератури щодо вмісту хімічних речовин в атмосфері.

Для того, щоб спрогнозувати, якими будуть викиди в наступні сто років, нам потрібно проаналізувати кількість пусків за останні роки: 2016 – 85 пусків, 2017 – 91 пусків, 2018 – 114 пусків. Ураховуючи той факт, що з 2017 року Китай здійснював запуск понад 40–41 ракет-носіїв у рік, а США у 2018 році здійснило 31 пуск й Росія, яка також займає лідируючі позиції в галузі ракетобудування та аеронавтики, – 37 пусків за 2018 рік, можна з впевненістю зазначити, що середня кількість пусків у рік становитиме не менше ніж 100 і з кожним роком збільшуватиметься, за одне десятиліття приблизно на 10–20 пусків. Якщо в 2020 їх буде 110 (у 2018 – їх уже 114), то викиди становитимуть: CO_2 = 375 • 110 = 41 250 т, CO = 3 • 110 = 330 т, NO = 16,5 • 110 = 1815 т. У 2030 році кількість пусків становитиме приблизно 110 + 15 = 125 і по наведеному вище алгоритму обраховуємо так для кожного десятиліття (наступні сто років) (табл. 2).

З вересня 2017 року NASA (Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору (National Aeronautics and Space Administration) виділило кошти на проєкт з розробки спеціальних надтонких і надміцних ковдр, якими уловлюватимуть дрібні уламки літальних апаратів на навколоземній орбіті. Brane Craft – революційна концепція в сфері вирішення проблеми космічного сміття, запропонована каліфорнійською компанією Aerospace Corporation. Їхньою метою було запустити в навколоземний простір кілька десятків ковдр площею 8464 см і завтовшки 0,25 мм (вполовину менше, ніж людське волосся). Ковдри обгортатимуть сміття, а потім спускатимуть його в нижчі шари атмосфери, де воно згорятиме. Розробники не повідомили, який матеріал використовуватимуть для конструкції ковдри, проте, очевидно, що за такої товщини вони мають бути надзвичайно міцними, управління буде модульним, для того щоб можна було легко замінити пошкоджений фрагмент. Пристрої будуть забезпечені двома джерелами живлення – сонячними батареями та паливом для експериментальних іонних двигунів NASA. Кожна ковдра зможе захоплювати й переміщати невеликі об'єкти вагою до 1 кг. Працюючий прототип космічної ковдри мають презентувати вже за два роки. Слід зазначити, що це є єдиний проєкт щодо утилізації космічного сміття, який NASA фінансує [12].

Низкою українських організацій спільно з провідними європейськими космічними організаціями в 2013 році було запропоновано проєкт-LEOSWEEP, пов'язаний з розробкою першої космічної місії з безконтактного видалення з орбіти відпрацьованих останніх ступенів ракет-носіїв. Даний проєкт став переможцем у рамках проведеного Європейською комісією конкурсу FP7-SPACE-2013.

Основний принцип системи знешкодження, покладений в основу проєкту LEOSWEEP (Improving Low Earth Orbit Security With Enhanced Electric Propulsion), полягає у використанні потоку іонів як засобу, що передає силовий імпульс. Потік

Таблиця 1

Кількість отруйних речовин, які щороку надходять в атмосферу

Викиди в атмосферу	Рік								
	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2016	2017	2018
Карбон діоксид, т	4960	46 500	40 125	45 375	31 875	279 350	31 875	34 125	42 750
Карбон (II) оксид, т	120	372	321	363	255	222	255	273	342
Оксид азоту, т	664	2046	1765	1996	1402	1221	1402	1501	1881

Таблиця 2

Прогностична оцінка тенденції викидів шкідливих речовин в атмосферу на наступні 100 років

Викиди в атмосферу	Рік							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Карбон діоксид, т	46 875	52 500	58 125	63 750	69 375	75 000	80 625	86 250
Оксид карбону, т	375	420	465	510	555	600	645	690
Оксид азоту, т	2062	2310	2557	2805	3052	3300	3547	3795

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

іонів іонного двигуна «КА-пастух» прямує на об'єкт космічного сміття зі швидкістю іонів близько 30 км/с. Невелика розбіжність іонного проміння (< 15°), імовірна при використанні сучасних електроракетних двигунів, є ключовим моментом, що дозволяє безконтактне маневрування «пастуха» на безпечній відстані від мішені. Іони, що досягли поверхні мішені, впроваджуються в її матеріал і повністю передають свій імпульс. Для компенсації сили реакції на «пастуху» планується додаткова установка двигуна. Учасники проєкту: SENER Ingenieria Y. Sistemas S. A. (координатор Іспанія); Universidad Politecnica De Madrid (Іспанія); Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державне космічне агентство України (Україна); Державне підприємство «КБ «Південне» ім. М. К. Янгеля» (Україна); Міжнародний центр космічного права при Інституті держави і права ім. В. М. Корецького Національної академії наук України (Україна); TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH (Німеччина); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Ev (Німеччина); DEIMOS Engenharia S. A. (Португалія); University of Southampton (Великобританія); Centre National de la Recherche Scientifique (Франція); Universidad Carlos III De Madrid (Іспанія) [13].

Одним із рішень проблеми вважається також проєкт, запропонований Федеральною комісією зв'язку CL11A (FCC-Federal Communications Commission): американські супутники зв'язку, що були запущені після 18 березня 2002 року та відпрацювали свій термін, мають бути переведені на так зване космічне кладовище (орбіта на 200–300 км вище геостаціонарної). Але чи є такий проєкт вирішенням проблеми, адже сміття як і раніше залишається, вища орбіта також не є безмежною, і стосується це тільки супутників із американською ліцензією? Це питання залишається не розв'язаним.

Висновки

1. Космічне сміття – реальна екологічна загроза, новий антропогенний чинник, який завдає шкоди екології нашої планети. В Україні на сучасному етапі розвитку проводяться дослідження кількісних і якісних характеристик космічного сміття, проте, поки що Україна не долучена до проєктів з очищення навколоземного простору.
2. Сьогодні в навколоземному просторі налічується близько 18 000 об'єктів розміром понад 10 см, з яких тільки 1200 – супутники, які функціонують. Окрім цього, існує приблизно 750 000 так званих «кулі, що літають» діаметром близько 1 см і майже 150 млн фрагментів розміром менше ніж 1 мм.
3. Математичні розрахунки показали, що викиди, які щорічно здійснюються в атмосферу Землі, є надзвичайно великими. Згідно з нашими прогнозами, вони будуть зростати й надалі більше ніж на 50 % кожні 10 років і зможуть негативно впливати на хімічний стан атмосфери.
4. Незважаючи на всі перешкоди, які постають на шляху вирішення даної проблеми, є надія на успіх місії Brane Craft та інших дослідників космосу щодо технічного вирішення проблеми космічного сміття.

Література

1. Ковальчук Г. Зустрічайте охоронців космічного простору: плани прибирання сміття. URL: www.astrosvit.in.ua/novyny/inshi-novyny/zustrichaite-okhorontsiv-kosmichnoho-prostoru-plany-pryberannia-smittia. (Дата доступу: 07.05.2017).

2. Космічне сміття: як мотлох на орбіті може зупинити еру освоєння космосу (відео). URL: https://www.unian.ua/ecology/trash/10119362-kosmichne-smittya-yak-motloh-na-orbiti-mozhe-zupiniti-eru-osvoyennya-kosmosu-video.html. (Дата доступу: 16.05.2018).

3. Космічне сміття. URL: uk.wikipedia.org/wiki/Космічне_сміття. (Дата доступу: 09.07.2019).

4. Гладкий Е. Г. Визначення зон небезпеки в районах падіння відокремлюваних частин ракети-носія з урахуванням невизначеності висоти їхнього первісного руйнування. *Косм. наука технол.* 2015. № 21 (6). С. 49–55. URL: http://knit.mao.kiev.ua/uk/archive/2015/6/5 (дата доступу: 23.10.19). https://doi.org/10.15407/knit2015.06.049.

5. Романов В. И. Мусор преграждает путь в Космос. Информационно-познавательное пособие. Москва : Лакшери Принт, 2012.

6. Яськів С. Космічне сміття: що це і скільки його на орбіті. URL: https://impactlab.media/2019/04/12/kosmos-shkodyt-zemli/ (Дата доступу: 12.04.2019).

7. Гринберг Е. И. Загрязнение космоса и космические полеты. *Природа.* 1992. № 8 (924), С. 13.

8. Проблема космічного сміття. URL: http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/problema-kosmichnogo-smittya. (Дата доступу: 28.02.2018).

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

9. Проект «космічного пастуха» з іонним променем. Ідеї і задачі. К. Бомбарделлі, А. П. Алпатов, О. В. Пироженко та ін. Косм. наука технол. 2014. URL: http://space-scitechjournal.org.ua/uk/archive/2014/2/3 (Дата доступу: 12.07.2014).

10. Підсумки космічної діяльності країн світу у 2018 році від Олександра Железнякова. Аерокосмічний портал. URL: http://space.com.ua/2019/01/07/pidsumki-kosmichnoyi-diyalnosti-krayin-svitu-v-2018-rotsi-vid-oleksandra-zheleznyakova/ (Дата доступу: 07.01.2019).

11. Авіація і ракетоносії. Екологія. Навчальні матеріали онлайн. URL: https://pidruchniki.com/13290305/ekologiya/aviatsiya_raketonosiyi (Дата доступу: 02.03.2018).

12. NASA ловитиме космічне сміття надтонкими ковдрами. Новини Еспресо. TV|Україна-Elements. URL: https://espreso.tv/news/2017/09/11/nasa_lovytyme_kosmichne_smittya_nadtonkymy_kovdramy (Дата доступу: 11.09.2017).

13. LEOSWEEP. URL: https://leosweep.upm.es/en/ (Дата доступу: 25.06.2016).

Думицкая И. В., Солоха Н. В.

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР КАК ГЛОБАЛЬНАЯ И ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА. ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца, г. Киев

Введение. В XXI веке космическая деятельность аккумулирует передовые достижения науки и техники, стимулирует создание высокоэффективных технологий для производства конкурентоспособной продукции на мировом рынке. Но при этом количество космических обломков на околоземной орбите растет из года в год, а никаких конструктивных решений этой проблемы не предлагается.

Цель исследования – изучение экологического состояния околоземного пространства планеты Земля и оценка методик утилизации космического мусора.

Материалы и методы исследования. Математико-статистический анализ, анализ литературы, натурный метод.

Результаты. Анализ научной литературы и интернет источников, а также собственные математико-статистические расчеты позволили установить, что без присутствия космической техники в околоземном пространстве уже невозможно эффективное использование транспорта, развития науки и образования, нельзя обеспечить надежность и достоверность гидрометеорологических прогнозов и др. Но такая интенсификация производства влечет за собой ряд проблем, а именно накопление мусора в космическом пространстве. По научным прогнозам объем космического мусора за каждые 10 лет будет увеличиваться на 50 %. Данная проблема вызывает беспокойство ученых, в частности, уже разработаны научными институтами США и Европы методики борьбы с космическим мусором.

Выводы. Космический мусор – реальная экологическая угроза, новый антропогенный фактор, который наносит вред экологии планеты. В Украине на современном этапе развития проводятся исследования количественных и качественных характеристик космического мусора, однако, пока Украина не приобщена к проектам по очистке околоземного пространства. Математические расчеты показали, что выбросы, которые ежегодно осуществляются в атмосферу Земли, чрезвычайно велики. И, согласно нашим прогнозам, будут увеличиватся более чем на 50 % каждые 10 лет.

Ключевые слова: околоземное пространство, космические отходы, глобальная проблема

Dumitskaya I. V., Solokha N. V.

SPACE DEBRIS AS A GLOBAL INDUSTRIAL AND ECOLOGICAL PROBLEM. WAYS TO ITS SOLUTION

Bohomolets National Medical University, Kyiv

Introduction. In the XXI century the space activity accumulates the advanced achievements in science and technology, promotes developing highly effective technologies for manufacturing products competitive on the world market. However at the same time, the amount of the space debris in the Earth orbit increases from year to year, and not any constructive solutions to this problem have been proposed.

Purpose to study the ecological state of the Earth space and to assess techniques for utilization of the space debris.

Methods. Mathematical, statistical and literature analysis, natural method.

Results. The analysis of the scientific literature and the Internet sources as well as own mathematical and statistical calculations made it possible to establish that without availability of the space technologies for the Earth space is not possible to efficiently use transport, develop science and education, provide for reliability and significance of hydrometeorological forecasts, etc. However, intensification of the production entails a number of problems, such as accumulation of debris in the space. According to the scientific forecast, volumes of the space debris increases by 50 % for every 10 years. This problem is

ISSN 2223-6775, Ukrainian Journal of Occupational Health, 2019, 15 (4), 318–324

of great concern for scientists, and the USA and European research institutes have already developed techniques to control the space debris.

Conclusions. The space debris is a real threat, it is a new anthropogenic factor, causing great damages to the planet ecology. In Ukraine, at the present stage of its development, studies on the quantitative and qualitative characteristics of the space debris are being carried out. However, so far, Ukraine has not yet been involved in projects for the Earth space cleaning. Mathematical calculations show that annual emissions to the Earth atmosphere are very great. According to our prognoses they will continue to increase by more than 50 % every 10 years.

Key words: Earth space, space waste, global problem

References

1. Kovalchuk G. Meet the Guards of Outer Space: Garbage Collection Plans, available at, URL: http://www.astrosvit.in.ua/novyny/inshi-novyny/zustrichaite-okhorontsiv-kosmichnoho-prostoru-plany-pryberannia-smittia (Accessed 07.05.2017).

2. Space debris: how debris at the orbit can stop the era of space exploration (video), URL: https://www.unian.ua/ecology/trash/10119362-kosmichne-smittya-yak-motloh-na-orbiti-mozhe-zupiniti-eru-osvoyennya-kosmosu-video.html (Accessed 16.05.2018).

3. Space debris, URL: uk.wikipedia.org/wiki/Space debris (Accessed 09.07.2019).

4. Gladkyi E. G. (2015), «Determination of danger zones in the areas of fall of detachable parts of the launch vehicle, taking into account the uncertainty of the height of their original destruction», *Kosm. nauka i tekhnologia,* 21 (6), 49–55. URL: http://knit.mao.kiev.ua/uk/archive/2015/6/5 (Accessed 23.10.19), https://doi.org/10.15407/knit2015.06.049.

5. Romanov V. I. (2012), Musor pregrazhdayet put' v Kosmos. Informatsionno-poznavatel'noye posobiye. Moskow : Laksheri Print.

6. Yaskiv S. Space debris: what it is and how much it is in the orbit, URL: https://impactlab.media/2019/04/12/kosmos-shkodyt-zemli (Accessed 12.04.2019).

7. Grinberg E. I. (1992), «Space pollution and space travel», *Nature*, 924 (8), 13.

8. A problem of the space debris, URL: http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/problema-kosmichnogo-smittya (Accessed 28.02.2018).

9. Bombardelli K., Alpatov A. P., Pirozhenko O. V. et al. (2014), «The project of a «cosmic shepherd» with an ion beam. Ideas and tasks», Kosm. nauka i tehknologia, URL: http://space-scitechjournal.org.ua/uk/archive/2014/2/3 (Accessed 12.07.2014).

10. The results of space activities in 2018 from Alexander Zheleznyakov. Aerospace portal, URL:http://space.com.ua/2019/01/07/pidsumki-kosmichnoyi-diyalnosti-krayin-svitu-v-2018-rotsi-vid-oleksandra-zheleznyakova (Accessed 07.01.2019).

11. Aviation and launch vehicles. Ecology. Study materials online, URL: https://pidruchniki.com/13290305/ekologiya/aviatsiya_raketonosiyi Accessed 02.03.2018).

12. NASA will catch space debris with ultra-thin blankets, URL: https://espreso.tv/news/2017/09/11/nasa_lovytyme_kosmichne_smittya_nadtonkymy_kovdramy (Accessed 11.09.2017).

13. LEOSWEEP, URL: https://leosweep.upm.es/en/ (Accessed 25.06.2016).

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Думицька І. В. (ORCID ID: 0000-0002-6906-5123) – аналіз літератури та інформаційних джерел, проведення математико-статистичних розрахунків, спроба дослідити космічне сміття за допомогою телескопа, написання статті;

Солоха Н. В. (ORCID ID: 0000-0002-7214-8931) – визначення загальної концепції дослідження, формулювання мети та завдань, інтерпретація одержаних даних, наукове редагування матеріалу, формулювання висновків.

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: дослідження виконано за власної ініціативи без фінансування.

Надійшла: 1 жовтня 2019 р.
Прийнята: 28 жовтня 2019 р.

Контактна особа: Думицька І. В., студентка 3 курсу медичного факультету № 2, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, буд. 34, просп. Перемоги, м. Київ. Тел.: + 38 0 98 035 97 55.