

Комунальний заклад "Компаніївський центр дитячої та юнацької творчості" Компаніївської селищної ради Кропивницького району
Кіровоградської області

ТВОРЧА РОБОТА

«Типи відходів та способи їх утилізації в космосі»

Підготувала
вихованка гуртка «Арт-крафт»
комунального закладу "Компаніївський
центр дитячої та юнацької творчості"
Компаніївської селищної ради
Кропивницького району
Кіровоградської області
Юхименко Катерина Володимирівна

2025 рік

ВСТУП

Умови життя на борту космічного апарату суттєво відрізняються від земних, зокрема — через замкнутий простір, обмежені ресурси та відсутність гравітації. Однією з найважливіших проблем є утилізація відходів, адже космонавти тривалий час перебувають у замкнутому середовищі без змоги вивести сміття чи відходи назовні. Ефективна система збору, зберігання, переробки або утилізації біологічних, твердих і рідких відходів — це критично важливий компонент підтримання санітарії, гігієни та безпеки екіпажу. Неналежне поводження з ними може призвести до порушення гігієни, розповсюдження хвороб і загрози для здоров'я космонавтів.

Метою даної роботи є: ознайомлення з типами відходів у космосі, способами їх утилізації (залежно від типу); вивчення перспектив вдосконалення систем утилізації.

У шкільному курсі не передбачено вивчення засобів утилізації відходів на борту космічного апарату, тому дана робота стане допоміжним матеріалом для освоєння, осмислення і вирішення вказаної вище проблеми. Тож, **актуальність** обраної теми не викликає сумнівів.

Предмет дослідження: засоби утилізації відходів на борту космічного апарату, перспективи вдосконалення систем утилізації відходів у космосі.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній цілісно висвітлено типи відходів у космосі, переосмислено і об'єктивно представлено гігієнічні процедури задля безпеки в космосі та методики вдосконалення систем утилізації у майбутньому.

Теоретичне та практичне значення: матеріали роботи збагачують уявлення про типи відходів у космосі; розширюють знання про способи утилізації відходів; дана робота може бути використана учнями закладів загальної середньої та позашкільної освіти і спонукати до детального вивчення проблем екології і космонавтики.

ТИПИ ВІДХОДІВ ТА СПОСОБИ ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ У КОСМОСІ

На борту космічного апарату можуть накопичуватись такі типи відходів:

1. Біологічні відходи

До біологічних відходів (мал. 1) на борту космічного апарату належать: сеча та кал, відмерлі клітини шкіри, піт і слюзи, кров (у разі травм чи медичних процедур), викиди при блювоті чи інших медичних станах.



Мал.1

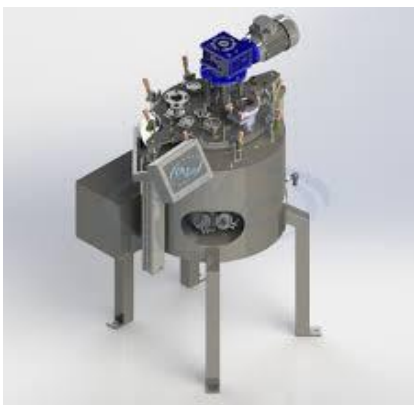
Усі ці відходи потребують особливого підходу до збору та утилізації через відсутність сили тяжіння та обмежений простір.

На борту Міжнародної космічної станції (МКС) сеча збирається вакуумною системою в спеціальні контейнери, потім надходить до системи переробки води (Water Recovery System), де проходить фільтрацію, дистиляцію та знезараження.

80–90% сечі перетворюється на питну воду, яка повторно використовується екіпажем. Це важлива частина замкнутого водного циклу, що дозволяє зменшити залежність від вантажних поставок із Землі.

Кал збирається за допомогою індивідуальних пакетів, розміщених у вакуумному туалеті. Після використання пакети герметично закриваються та поміщаються в спеціальні контейнери для зберігання. Вони не переробляються на МКС, а завантажуються в сміттєві вантажні кораблі. Після завершення місії корабель від'їжджує від МКС і згорає в атмосфері Землі разом із відходами.

Для очищення шкіри використовуються одноразові серветки. Вся біологічна рідина, що може залишитися на поверхнях, дезінфікується спеціальними засобами. Суворі процедури контролю запахів та запобігання зараженню обмежують ризик розповсюдження бактерій.



Серед перспектив утилізації у майбутньому: Біореактори (мал.2) для переробки біологічних відходів у газ, енергію або ґрунт для вирощування рослин, компостування в умовах замкнутої біосистеми, мікробні системи, які розкладають відходи й виробляють кисень

або біогаз.

Мал. 2

Біологічні відходи в умовах космічного

польоту є серйозним викликом. Сучасні системи на МКС дозволяють безпечно та ефективно збирати, зберігати та частково переробляти ці відходи. У майбутньому, з розвитком міжпланетних польотів, стане ще важливішим створення автономних, замкнутих екосистем, де навіть біологічні відходи будуть ресурсом, а не проблемою.



2. Тверді побутові відходи.

До твердих побутових відходів (мал.3) у космосі належать: упаковка від їжі та

приладів, використані серветки та рушники, залишки їжі, зношені особисті речі (наприклад, одяг, засоби гігієни), матеріали після наукових експериментів.

Мал. 3

У звичайних умовах на Землі ці відходи утилізуються або переробляються. Але в космосі це зробити набагато складніше через обмеження простору та відсутність сміттєвої інфраструктури.

Тому космонавти користуються такими способами поводження з відходами:

- 1) Збирання: шляхом вміщення їх у герметичні поліетиленові пакети з антисептичним покриттям.

2) Зберігання. Пакети з відходами зберігаються в спеціальних контейнерах до прибуття вантажного корабля.

3) Утилізація. Відходи вантажаться у вантажні модулі (наприклад, Cygnus, Progress). Після завершення місії модуль від'єднується від МКС та згоряє в атмосфері, знищуючи все сміття без шкоди для довкілля.

Чому це важливо?

У замкнутому середовищі важливо підтримувати чистоту й гігієну, інакше зростає ризик бактеріального зараження. Надмірне накопичення сміття займає простір і створює потенційну небезпеку. Запахи від відходів можуть впливати на комфорт і психологічний стан екіпажу.

У майбутніх космічних місіях планується: пресування та запаювання сміття у компактні блоки, переробка упаковки у 3D-друкований матеріал, використання біоактивних бактерій для розкладання органічного сміття в замкнутому циклі.

3. Рідкі відходи

У космічному середовищі всі рідини мають особливі властивості через відсутність гравітації. Рідкі відходи (мал. 4), які утворюються на борту, включають: мийну воду — залишки після вологого прибирання, гігієнічних процедур (вмивання, очищення тіла), конденсат — волога, яка утворюється внаслідок випаровування дихання, поту та температурних перепадів у герметичному приміщенні.

Мал.4



У невагомості краплі рідини не стікають, а плавають у повітрі, що може створити небезпеку для електроніки та здоров'я екіпажу. Тому їх збір та утилізація відбувається з допомогою спеціальних систем.

Уся волога з поверхонь витирається одноразовими серветками, які потім утилізуються як тверді відходи. Конденсат автоматично збирається

за допомогою вентиляційної системи, яка подає повітря у конденсатор-збірники.

На борту МКС (мал. 5) функціонує система Water Recovery System (WRS), яка: збирає конденсат і мийну воду, з'єднуючи їх з іншими джерелами вологи (наприклад, сечею після первинної очистки), очищає рідину через фільтрацію, дистиляцію та хімічну обробку, повертає очищену воду в систему життєзабезпечення для повторного використання: пиття, приготування їжі, зволоження повітря.



Навіщо це потрібно?

Мал. 5

- ✓ Зменшення потреби у доставці води з Землі (1 літр води = десятки тисяч доларів вартості запуску).
- ✓ Підтримка замкнутого циклу водопостачання.
- ✓ Запобігання накопиченню вологи, що може призвести до появи цвілі, бактерій і псування обладнання.

У майбутніх місіях планується вдосконалення систем:

- 1) Автоматичний контроль якості води в реальному часі.
- 2) Нанофільтрація для видалення навіть найменших домішок.
- 3) Створення біоінженерних систем, які використовують рідкі відходи для зволоження рослин у біокапсулах.

4.Відпрацьоване повітря

У замкнутому середовищі космічного апарата повітря постійно циркулює, але не оновлюється природним способом, як на Землі. Внаслідок життєдіяльності людини в атмосфері накопичуються: вуглекислий газ (CO_2) — продукт дихання екіпажу; неприємні запахи — від шкіри, їжі, туалету, відходів; домішки — мікрочастинки пилу, шкіри, леткі органічні сполуки (ЛОС), аміак, спирти, ацетон.

Чим це небезпечно?

- ✓ Надлишок CO_2 викликає головний біль, втому, зниження працездатності, а у високих концентраціях — отруєння.
- ✓ Запахи не тільки неприємні, а й можуть свідчити про мікробне забруднення.
- ✓ Домішки можуть осідати на техніці, створювати небезпеку для дихальних шляхів або порушувати роботу електроніки.

На МКС і подібних космічних апаратах встановлено високотехнологічні системи очищення атмосфери: LiOH-фільтри (літій-гідроксид) — поглинають вуглекислий газ, система CDRA (Carbon Dioxide Removal Assembly) — механічне видалення CO_2 з регенерацією повітря, система Sabatier — перетворює $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ у воду і метан (частина замкнутого циклу), HEPA-фільтри — затримують мікрочастинки (пил, лусочки шкіри), фільтри з активованим вугіллем — нейтралізують запахи та ЛОС, циркуляційні вентилятори — забезпечують рівномірний розподіл повітря та його фільтрацію.

На борту встановлено сенсори якості повітря, які постійно відстежують рівень CO_2 , вологи, кисню, домішок. У разі перевищення норм екіпаж отримує сигнал тривоги та вживає заходів.



Що планують у майбутньому?

- ✓ AI-системи моніторингу з автоматичним регулюванням фільтрації.
- ✓ Біоактивні фільтри (мал. 6), які розкладають шкідливі речовини на безпечні сполуки.

Мал. 6



- ✓ Створення штучної екосистеми (мал. 7), де повітря очищується за допомогою моху, водоростей або бактерій.

Підтримка чистоти повітря на борту космічного апарата — це критично важлива частина

системи життєзабезпечення. Без надійних методів очищення повітря екіпаж не Мал. 7 зміг би вижити навіть кілька днів.

Сучасні технології дозволяють ефективно справлятися з CO₂, запахами та домішками, а майбутні місії на Марс потребуватимуть ще досконаліших автономних рішень.

Кінець форми

Висновок

Утилізація відходів на борту космічного апарату — це не лише питання гігієни, а й важливий аспект забезпечення життєдіяльності екіпажу. Сучасні технології дозволяють ефективно переробляти рідкі та тверді відходи, зменшуючи залежність від Землі. У майбутньому розвиток екологічно чистих та ресурсозберігаючих систем утилізації стане ключем до довготривалого перебування людини в космосі.

Список використаних джерел

1. Статті з журналів «Popular Science» (електронний варіант), «Наука і техніка» (статті про утилізацію відходів на МКС).
2. Освітні ресурси про МКС та автономні космічні системи.