

УДК 629.78 (045)

**В. М. Азарсков**, д-р техн. наук. проф.  
**С. Т. Поліщук**, канд. техн. наук. проф.

## МІЖПЛАНЕТНІ ПІЛОТОВАНІ ПОЛЬОТИ У РОЗРІЗІ 4-Ї КОСМІЧНОЇ ПРОГРАМИ УКРАЇНИ

НАУ, кафедра систем управління  
 E-mail: stp@nau.edu.ua

*Проаналізовано проблему міжпланетних пілотованих польотів та можливість участі України в міжнародних програмах дослідження космічного простору*

*Problems of pilot interplanetary and the possibility of Ukraine's participation in international programs of space investigation are analyzed*

### Вступ

Початок XXI і останні десятиріччя XX ст. характеризуються значною активізацією наукових досліджень провідних космічних держав (США, Росії, України, Франції, Японії, Китаю) у напрямі космічних польотів за межами геомагнітних поясів Землі, що передусім пов'язано з програмою космічних досліджень SEI (Space Exploration Initiative), ініційованою президентом США Д. Бушем у 1989 р.

У січні 2004 р. Д. Буш підтвердив попередні плани дослідження космосу і презентував нову програму EXPLORATION, спрямовану на дослідження Місяця та Марса. Пакет документів, який підготувало National Aeronautics and Space Administration на базі цієї програми, пропонує такі напрями досліджень:

- використання Місяця для підготовки польоту на Марс та інші планети;
- фундаментальні дослідження сонячної системи та Всесвіту;
- створення поселень на Місяці.

Основні цілі, які світова спільнота визначила як головні в межах кожного напрямку, охоплюють такі галузі знань: астрономію та астрофізику, спостереження Землі з космосу, геологію, моніторинг навколишнього середовища, використання ресурсів, управління та навігацію, збереження спадщини та ін.

Україна входить до складу космічних держав світу, які мають високий рівень науково-технічного та виробничого потенціалу, здійснюють власні космічні проекти, беруть участь у міжнародній космічній діяльності. Основою космічної галузі України є розроблення та виробництво ракетних комплексів серій “Циклон”, “Зеніт”, “Дніпро”, які забезпечують комерційні запуски космічних апаратів з космодромів різних країн. За кількістю запусків ракетноносіїв за останні 15 років (96) Україна займає третє

місце у світі після США та Російської Федерації (рис.1) [1].

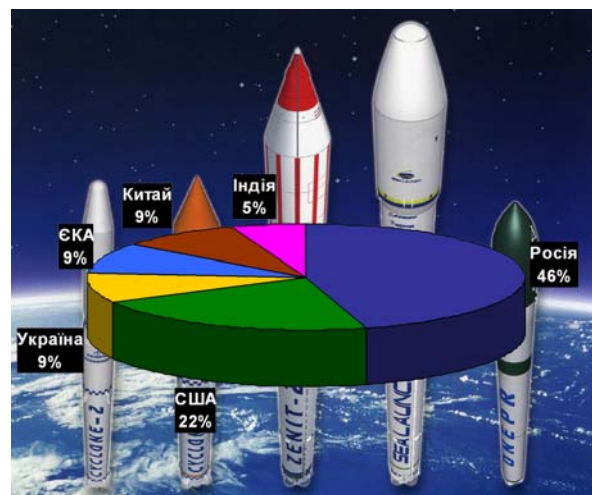


Рис. 1. Пуски ракетноносіїв у світі в 2005 р., % (від загальної кількості)

### Аналіз досліджень та публікацій

Україна є членом міжнародних організацій, які координують космічну діяльність світових співтовариств, зокрема: Комітету ООН із мирного використання космосу (COPUOS), Всесвітнього комітету із космічних досліджень (COSPAR), Всесвітньої організації із супутникових досліджень Землі (CEOS) та ін.

Координує космічну діяльність України Національне космічне агентство України (НКАУ). НКАУ відповідно до Закону України “Про космічну діяльність” забезпечує виконання загальнодержавних космічних програм, які затверджуються Верховною Радою України.

Згідно з Указом Президента України № 933 “Про заходи щодо дальшого розвитку космічної галузі України” від 10.07.2005 р. НКАУ розроблено “Четверту загальнодержавну космічну програму України на 2007–2011 рр”. Основні напрями діяльності України відповідно до цієї програми показано на рис. 2.



Рис. 2. Напрями космічної діяльності України

Один з важливих напрямів 4-ї космічної програми України, як і сучасної фундаментальної науки, – послідовне і системне дослідження закономірностей походження Всесвіту.

Важливою міжнародною складовою цих досліджень є програми освоєння космічного простору SEI, AURORA, які передбачають до 2020 р. реалізацію масштабних скоординованих космічних місій до планет Сонячної системи, включаючи політ людини на Марс, заснування дослідницької бази на Місяці, постійне спостереження об'єктів далекого космосу [2].

Практична реалізація міжпланетних пілотованих польотів (МПП) потребує інтеграції наукових, технічних і економічних потенціалів багатьох країн. Прикладом такої інтеграції є участь багатьох країн світу в проєкті AURORA, який розробляє Європейське космічне агентство (ESA – European Space Agency). У 2000 р. за підтримки Міжнародного науково-технічного центру (МНТЦ) Інститутом медико-біологічних досліджень Російської академії наук виконано «Попередній проєкт пілотованої експедиції до Марса», одним із завдань якого було розроблення концепції медико-біологічного забезпечення цього польоту.

Міжнародна робоча група з космічної біології та медицини (International Space Life Sciences Working Group), членами якої є NASA, ESA, а також космічні агентства Канади, Німеччини, Франції, Японії та України, спрямовує сьогодні свою діяльність у напрямі медико-біологічних досліджень, формуючи стратегічні та тактичні завдання для забезпечення життєдіяльності космонавтів під час виконання МПП.

Прийняття України у квітні 2000 р. до Міжнародної робочої групи з космічної біології і медицини є належною оцінкою її попереднього внеску у світову науку та визнанням її як гідного партнера у розвитку космічної біології та медицини у XXI ст. У зв'язку з цим доречно згадати імена видатних українців, які вписано в історію світової космонавтики, – Ю. В. Кондратюка,

В. М. Глушкова, С. П. Корольова, М. М. Амосова, Б. Є. Патона та ін.

Коло питань, які належать до пріоритетної компетенції групи, визначені на 27-му засіданні у жовтні 2004 р. у Києві, охоплює такі напрями [3]:

- пізнання біологічної ролі гравітації у функціонуванні біосфери Землі. Біологічні ефекти мікрогравітації на клітинному і молекулярному рівнях;

- біологія розвитку та репродуктивна біологія рослин і тварин. Адаптація до умов космічного польоту та реадаптація після повернення;

- здоров'я та працездатність людини у тривалих далеких космічних подорожах, психофізіологічна адаптація, визначення вимог та систем для аналізу роботи експедицій, оцінки навантажень, розширення знань та можливостей комунікацій;

- установлення діапазону ризику для здоров'я людини від впливу космічної радіації, включаючи можливість виникнення злоякісних пухлин та мутацій. Біосферні дослідження: прогноз біологічних змін у регіональних і глобальному масштабах та оцінка наслідків цих змін; екзобіологія;

- моніторинг та оцінка токсичної і мікробної небезпеки всередині та зовні космічного корабля;

- розроблення засобів безпеки та працездатності екіпажу під час подорожей та операцій за межами низької орбіти;

- розвиток технологій та засобів утилізації відходів, біорегенерації для удосконалення замкнених систем життєзабезпечення та оптимуму відновлення ресурсів;

- використання нових знань і технологій для прогресу людства.

Плани підготовки МПП до планет Сонячної системи, зокрема експедиції до Марса, загострили проблему створення системи життєзабезпечення екіпажу (СЖЕ), побудова якої потребує вирішення наукових і інженерних проблем іншої складності, ніж цього сьогодні потребує забезпечення орбітальних польотів [4].

Новизна і специфіка проблем, що виникають, зумовлені, в першу чергу, такими факторами: тривалістю експедиції і її автономністю, рівнями іонізуючого випромінювання, періодичною зміною рівнів гравітації, відсутністю магнітного поля Землі, небезпечністю зіткнення з метеоритами, тривалим перебуванням екіпажу в умовах соціальної ізоляції і т. ін.

Першою та однією з головних проблем в аспекті СЖЕ для МПП є радіаційна безпека біологічних об'єктів, організація якої буде суттєво відрізнятися від аналогічних у наземних умовах та під час орбітальних польотів. Цим питанням і був присвячений колоквиум COSPAR, який відбувся 28 вересня – 2 жовтня 2003 р. у м. Дубна за участю майже 150 спеціалістів з наукових та промислових організацій Росії, США, Японії, Німеччини, Канади, Болгарії, Австрії та Італії під керівництвом президента академіка РАН А. І. Григор'єва [5].

Сучасні дані розрахунків щодо радіаційного навантаження на екіпаж марсіанської експедиції та пов'язаного з нею радіаційного ризику показують, що за браком спеціальних захисних засобів рівні опромінення можуть досягати граничнодопустимих значень. Тому розроблення засобів радіаційної безпеки для членів майбутніх МПП потребує значного поглиблення знань про радіаційне ураження організму людини під дією опроміненень, специфічних для міжпланетного простору, їх впливу на генетичні структури клітини, кровотворну та центральну нервову системи, зоровий аналізатор, мутагенну ефективність важких заряджених частинок з високими значеннями лінійної передачі енергії.

Другою не менш важливою проблемою МПП є зменшення (усунення) впливу мікрогравітації на організм астронавтів. Сьогодні досягнення пілотованої космонавтики в аспекті безперервного перебування людини в умовах гермооб'єму та мікрогравітації становить 438 діб і належить лікарю-космонавту Росії В. В. Полякову, який виконав цю програму з 8 січня 1994 р. по 22 березня 1995 р. на борту орбітальної станції "Мир" [6].

Але не можна говорити про вирішення питання щодо усунення впливу мікрогравітації на організм людини, хоча 438 діб за тривалістю порівнянні з часом експедиції до Марса. Останні дослідження гомеостазу людини на борту міжнародного космічного корабля показують суттєві зміни в організмі космонавтів, не зважаючи на використання всіх медико-фізіологічних заходів, спрямованих на антигравітаційну адаптацію та реадaptaцію (рис. 3) [7].

Третьою, не менш серйозною проблемою, є відсутність впливу необхідних рівнів геомагнітного поля Землі під час МПП. Широкомасштабні дослідження останніх десятиліть показали, що в питаннях, пов'язаних з різноманітними формами життя на нашій планеті, геомагнітне поле Землі слід розглядати не тільки як фактор захисту життя від згубного впливу косміч-

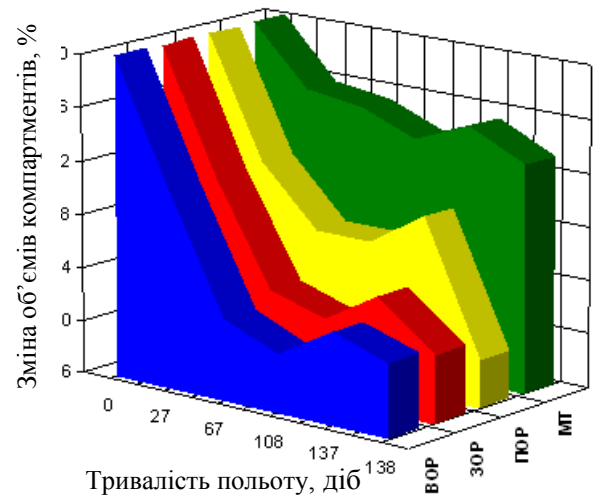


Рис. 3. Зміна об'ємів рідинних компартментів організму космонавта під час орбітального польоту: ВОР – внутрішньоклітинний об'єм рідини; ЗОР – загальний об'єм рідини; ПОР – позаклітинний об'єм рідини; МТ – маса тіла

ної радіації, а також як один із екологічно важливих і необхідних для нормальної життєдіяльності та розвитку біологічних об'єктів [8].

Крім цього, сьогодні пілотована космонавтика не має практичного досвіду для оцінювання інтегрального впливу дестабілізуючих факторів МПП на організм людини та біологічних об'єктів поза радіаційними поясами Землі (рис. 4) [9].

Існуючі сучасні традиційні методи усунення порушення гомеостазу організму: терапевтичні, хірургічні, фізіологічні можуть не призводити до позитивного результату в потрібний час, або бути зовсім неефективними в умовах інтегрального впливу на організм людини дестабілізуючих факторів космічного простору.

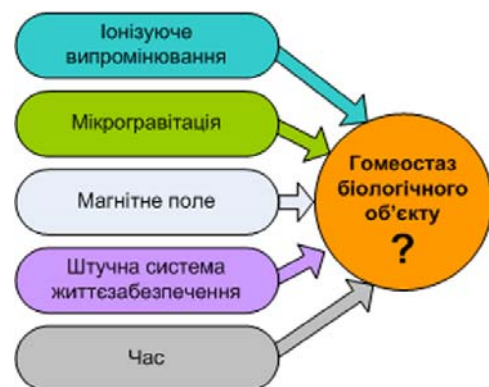


Рис. 4. Комбінована дія дестабілізуючих факторів під час МПП

У такому разі більш ефективним і значно універсальнішим засобом корекції гомеостазу як додатком до традиційних методів, так і окремо можуть бути системи екстракорпорального заміщення функцій органів і систем, які дедалі

більше використовуються у клінічній практиці. Тому проблему теоретичного обґрунтування і розроблення концепції побудови такої системи для використання в умовах МПП сьогодні не вирішено у світі і вона актуальна [10].

Україна є одним зі світових центрів комплексних досліджень у галузі космічної біології, які виконуються в науково-дослідних інститутах Національної академії наук України, Академії медичних наук України та вищих навчальних закладах.

У ході досліджень у рамках 2-ї та 3-ї Національних космічних програм України одержано нові наукові знання про механізми біологічних ефектів мікрогравітації на популяційному, організмовому, клітинному та молекулярному рівнях і запропоновано оригінальні концепції гравічутливості клітини, росту, розвитку, репродукції та стійкості організмів в умовах мікрогравітації, що є основою для розроблення космічних клітинних біотехнологій для потреб медицини, створення технологій контрольованих екологічних систем життєзабезпечення космонавтів у тривалих космічних польотах та визначення тест-систем екологічного моніторингу біосфери.

Результати фундаментальних та прикладних досліджень за 28 проектами, які виконувалися за угодою між НКАУ та NASA і фінансувалися через НТЦУ, обговорювалися на дводенному науковому семінарі «Співробітництво НКАУ і NASA у сфері космічних досліджень» 21–22 жовтня 2004 р. у Києві та отримали позитивну оцінку.

### Висновки

Наведений вище аналіз свідчить, що метою «Загальнодержавної космічної програми України на 2007–2011 рр.» є забезпечення розвитку та ефективного використання космічного потенціалу України для вирішення нагальних питань сталого розвитку, безпеки, впровадження високих технологій та підвищення рівня науки і освіти. Програма визначає комплекс заходів, спрямованих на досягнення таких цільових завдань:

– забезпечення виробництва ракетноносіїв «Зеніт», «Циклон», «Дніпро», розроблення перспективних ракетних комплексів та космічних апаратів нового покоління;

– проведення досліджень у напрямках астрофізики, матеріалознавства, космічної біології та медицини, зокрема у межах міжнародних проектів «Спектр-Р», «Міжнародна космічна станція», «Exploration», «Aurora»;

– розвиток високих технологій як умови конкурентоспроможності національної економіки;

– установлення якісно нового рівня міжнародної співпраці;

– забезпечення створення та ефективного використання космічних засобів для потреб народного господарства.

### Література

1. *Космічна діяльність України: результати та перспективи.* – Національне космічне агентство України, 2006. – С. 37.
2. *Ongaro F.* AURORA-a program of the European Space Agency for the robotic and human exploration of the solar system // Системы и технологии будущего изучения и освоения космического пространства: МНТЦ и МАА (9–11 июня 2003): Тезисы докл. междунар. конф. – М., 2003. – С. 8–9.
3. *Кордюм С. Л.* Перспективи розвитку космічної біології та медицини у світі та Україні // Космічна наука і технологія. – 2005. – Т. 11, № 1/2. – С. 75 – 86.
4. *Григорьев А. И., Потапов А. Н.* Медико-биологическое обеспечение пилотируемой марсианской экспедиции // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2003. – Т. 37, № 5. – С. 23 – 29.
5. *Петров В. М.* Радиационная безопасность пилотируемой межпланетной экспедиции // Вестн. РАН. – 2004. – Т. 74, № 6. – С. 51 – 58.
6. *Григорьев А. И., Егоров А. Д.* Длительные космические полеты // Человек в космическом полете (Космическая биология и медицина; Т. III, кн.2). – М.: Наука, 1997. – 549 с.
7. *Исследования состояния жидких сред организма человека в условиях длительного космического полета / В. Б. Носков, И. А. Ничипорук, Б. В. Морюков, Ю. И. Маленченко // Авиакосмическая и экологическая медицина.* – 2005. – Т. 39, №1. – С. 27 – 31.
8. *Сытник К. М., Кордюм Е. Л., Недуха Е.М.* Растительная клетка при изменении геофизических факторов. – К.: Наук. думка, 1984. – 136 с.
9. *Газенко О. Г., Григорьев А. И., Егоров А. Д.* Реакция организма человека в космическом полете // Физиологические проблемы невесомости. – М.: Медицина, 1990. – С. 15–48.
10. *Поліщук С. Т.* Вплив факторів космічного польоту на гомеостаз організму людини // Вісн. НАУ. – 2006. – №4. – С. 27–30.

Стаття надійшла до редакції 19.01.07.