

ISSN 1561-8889

КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ

НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ



ТОМ 7

№ 1

2001



В НОМЕРІ:

- Важливі віхи космічної ери

Б. Є. Патон, І. Б. Вавілова, О. О. Негода, Я. С. Яцків

ВАЖЛИВІ ВІХИ КОСМІЧНОЇ ЕРИ

Описано найважливіші події космічної ери, успіхи пілотованої космонавтики та визначні відкриття, які були зроблені автоматичними космічними апаратами. Окремий розділ присвячено стану та перспективам космічної галузі України.

© Б. Є. Патон, І. Б. Вавілова, О. О. Негода, Я. С. Яцків, 2001

40-річчю
першого польоту людини у космос
присвячується

З М И С Т

Передмова	4
Перші штучні супутники Землі.	
Перші космічні дослідження Місяця. 1957—1960	7
Перший політ людини у космос. Пілотована космонавтика.	
Початок космічних досліджень планет. 1961—1968	13
Людина вперше ступила на поверхню Місяця. Перші орбітальні станції.	
Революція в астрономії. Нові космічні держави. 1969—1977	25
Нова серія космічних апаратів. Орбітальні космічні станції «Салют-6, 7».	
Перші довготривалі експерименти на ОКС. Успіхи космічної планетології.	
Орбітальні астрономічні обсерваторії. 1977—1984	35
Кометний марафон. 1985—1986	47
Крізь терни до зірок. ОКС «Мир». 1986—1997	51
Місячні космодроми — фантазія чи реальність? Міжнародна космічна станція.	
Місії назустріч ХХІ сторіччю. Нові транспортні системи.	
1998 р.—12 квітня 2001	69
Україна — космічна держава. Нові реалії 90-х років	79
Післямова	91



Костянтин Ціолковський (1857-1935), видатний вчений і винахідник, засновник космонавтики (відкриття в галузі аеродинаміки, ракетної техніки і теорії міжпланетних польотів). Походив із славного українського роду Наливайків, жив і працював у Росії



Роберт Годдард (1882-1945), видатний американський вчений, засновник космонавтики (теорія міжпланетних польотів). Розробив першу рідинно-паливну ракету

Юрій Кондратюк (1897-1945), видатний український вчений-самоук, теоретик космонавтики. Автор оригінальної ідеї польоту на Місяць. Народився в м. Полтаві, в родині Шаргей. Жив і працював в Україні та Росії.



Серед найважливіших завоювань людства дослідження та освоєння космічного простору займають одне з провідних місць. 4 жовтня 1957 р. пролунали сигнали першого штучного супутника Землі, які знаменували початок нової ери. З цього дня докорінно змінилося уявлення про нашу планету як середовища проживання людства. В 1957-1958 рр., напередодні цієї події, світова наукова спільнота задекларувала проведення Міжнародного геофізичного року (МГР) для досліджень фізичних характеристик Землі, включаючи її верхню атмосферу. Радянський Союз і США оголосили, що їхнім внеском у програму МГР буде запуск штучних супутників на навколоземну орбіту. Для здійснення такої мети потрібно було вирішити складні теоретичні та науково-технічні проблеми, створити потужні ракети-носії, досконалі ракетні двигуни та системи автоматичного керування ракетами, запроектувати і побудувати наземні стартові комплекси та центри керування польотами супутників.

Перший штучний супутник Землі був створений і виведений на орбіту завдяки зусиллям і таланту багатьох вчених, інженерів і робітників колишнього Радянського Союзу. А основи космонавтики було закладено ще на початку ХХ століття в теоретичних та експериментальних роботах видатних вчених та конструкторів Радянського Союзу, США та Німеччини. Особливим є внесок пionera світової космонавтики К. Ціолковського, який уперше розробив теорію літальних апаратів та рідинних ракетних двигунів, довів можливість використання ракет для міжпланетних польотів та розвинув ідею функціонування орбітальних станцій. Серію досліджень та розробок виконали його послідовники Ф. Цандер, Ю. Кондратюк, М. Вальє, Г. Гансвіндт, Р. Есно-Пельтре, Е. Зенгер, Г. Оберт, Р. Годдард, У. Гоманн, В. фон Браун. Видатна роль у розвитку космонавтики належить С. Корольову, головному конструктору радянських космічних систем, М. Келдішу, теоретику космонавтики, М. Янгелю, В. Глушку, В. Челомею та багатьом іншим вченим і конструкторам ракетно-космічної техніки. Завдяки їхній самовідданій роботі було здійснено запуск першого штучного супутника Землі, перший політ людини у космос, а також запуски перших космічних апаратів до Місяця та міжпланетних космічних станцій до Венери і Марса.

Якщо у перші роки космічної ери успіхи космонавтики носили виразно конкурентний характер між великими космічними державами – Радянським Союзом і США, то з часом переважна більшість визначних космічних місій виконувалась у міжнародній співпраці. Велику роль у підготовці та проведенні міжнародних програм космічних досліджень відігравали і зараз відіграють Міжнародний астрономічний союз (МАС), Міжнародний геодезичний та геофізичний союз (МГГС), Міжнародна астронавтична федерація (МАФ), Міжнародна асоціація з геомагнетизму та аерономії (МАГА), Міжнародний комітет з дослідження космічного простору (КОСПАР), Комітет ООН з мирного використання космосу та, безумовно, національні космічні агентства.

Особливе місце у здійсненні космічних досліджень займали розробки українських вчених і конструкторів. Масштабна ракетно-космічна діяльність ДКБ "Південне" та ДВО "Півдемаш" (м. Дніпропетровськ) стала відомою широкій науковій громадськості тільки в останні десятиліття. Ці потужні установи у кооперації з ОКБ-1 С. Корольова та іншими організаціями колишніх радянських республік розробили чотири покоління ракетних комплексів стратегічного призначення – основу ракетно-ядерного потенціалу колишнього СРСР. За допомогою ефективних ракет-носіїв було виведено на орбіту близько 400 космічних апаратів різного призначення, у тому числі супутники серій "Космос" та "Інтеркосмос". Пріоритет у започаткуванні нової науково-технічної галузі – космічної технології – належить Інституту електрозварювання ім. С. О. Патона НАН України. Разом з ОКБ-1 (РКК "Енергія"), Інститутом космічних досліджень РАН та іншими установами були підготовлені і проведені унікальні експерименти з обробки металів та розгортання і монтажу великовагітних конструкцій в умовах космічного

польоту. Результати світового рівня з космічної біології отримано науковцями Інституту ботаніки ім. М. Холодного та інших наукових установ НАН України. Починаючи з перших геофізичних і астрономічних експериментів на борту космічних апаратів, в підготовці, проведенні та обробці результатів брали участь науковці Київського, Харківського, Одеського та Ужгородського університетів, Кримської астрофізичної обсерваторії (КрАО) та Головної астрономічної обсерваторії (ГАО) НАН України. Надалі використовуються сучасні назви установ.

У другій половині ХХ століття дослідження і освоєння космічного простору набуло широкого розвитку й охопило практично всі сфери діяльності людини. Космічні експерименти в залежності від їхного призначення умовно розподіляють на три типи – наукові, прикладні та військові. Наукові космічні апарати використовуються для дослідження навколоземного та міжпланетного простору, Землі та об'єктів далекого Всесвіту. Сьогоднішнє життя людини важко собі уявити без використання космічних апаратів прикладного призначення. Телекомуникаційні супутники, що працюють на низьких та геостаціонарних орбітах, забезпечують телепередачі з різних точок Землі, інформаційний зв'язок та інші сервісні послуги. Геофізичні, метеорологічні та навігаційні супутники здійснюють геологічну розвідку, забезпечують прогноз погоди та навігацію на воді і суші. Супутники військового призначення забезпечують управління військами, контроль космічного простору та розвідку, виконують інші оперативні задачі. Безумовно, розробка саме супутників військового призначення, особливо протягом періоду "холодної війни", значно вплинула на розвиток космічної галузі в цілому, зокрема на розробку апаратури для наукових досліджень об'єктів Всесвіту у різних діапазонах довжин хвиль випромінювання. Завдяки цьому сьогодні, на рубежі століття, людство накопичило цінну інформацію про будову та еволюцію далекого і близького космосу.

У цьому огляді ми не маємо можливості детально описати всі напрямки практичної космонавтики, а подамо історію її становлення і розвитку в енциклопедичному стилі. Більше уваги ми зосередимо на тих наукових космічних місіях, які були присвячені дослідженням Землі, Сонячної системи і Всесвіту та вписали найяскравіші сторінки у космічний літопис ХХ століття. Виходячи з аналізу розвитку ракетно-космічної техніки та її використання для дослідження та освоєння космічного простору, ми виділимо декілька періодів в історії практичної космонавтики, опису яких присвячено спеціальні розділи. Там, де це доцільно, ми дамо характеристику окремих досліджень українських вчених, які виконувались в рамках космічної програми колишнього СРСР. Огляд завершується окремим розділом про здобутки та проблеми становлення космічної галузі Україні – однієї з космічних держав світу.

При підготовці видання було використано енциклопедичні довідники та монографії, різноманітні періодичні видання, Інтернет-сторінки національних космічних агентств світу та міжнародних космічних організацій. Відомості про деякі з них читач знайде на останній сторінці книги.

Ми щиро вдячні всім тим, хто допомагав у підготовці цього огляду. Зрозуміло, що автори несуть відповідальність за зміст та достовірність поданого матеріалу. Ми сподіваємося, що це видання стимулюватиме підготовку більш масштабного огляду історії розвитку світової космонавтики та участі України в цій важливій сфері людської діяльності.

Всі зауваження будуть прийняті нами з вдячністю.

На думку авторів, огляд буде корисним в першу чергу молодому поколінню громадян України, якому випала доля продовжити космічну естафету в ХХІ столітті.

40-річчю першого польоту людини у космос присвячується



Сергій Корольов (1907-1966), видатний вчений-конструктор ракетно-космічної техніки, засновник практичної космонавтики. Народився в м. Житомирі, жив і працював у Росії та Україні



Вerner фон Браун (1912-1977), видатний німецький конструктор ракетно-космічної техніки, творець ракети ФАУ-2. У 1945 р. був депортований в США, де створив середні і континентальні балістичні ракети, ракетні двигуни КА серії "Viking" і "Apollo".

Михайло Янгель (1911-1971), видатний вчений-конструктор ракетно-космічної техніки. Головний конструктор КБ "Південне" (1954- 1971). Народився в с. Зиряново Іркутської області, жив і працював у Росії та Україні





Валентин Глушко (1908-1989) – видатний вчений і конструктор ракетно-космічної техніки. Творець рідинних реактивних двигунів та космічних апаратів. Народився в м. Одеса, жив і працював в Україні та Росії



Володимир Челомей (1914-1984) – видатний вчений-конструктор ракетно-космічної техніки. Творець РН "Протон", ОКС "Салют-3, -5", важких наукових КА, крилатих ракет. Народився в м. Сідлець Привісланського краю, жив і працював в Україні та Росії

Володимир Уткін (1923-2000) – видатний вчений-конструктор ракетно-космічної техніки. Творець стратегічних ракетних комплексів, РН (у т. ч. "Зеніт"), КА різного призначення.

Генеральний конструктор КБ "Південне" (1979-1990).

Народився в с. Пустобор Рязанської обл., жив і працював в Україні та Росії



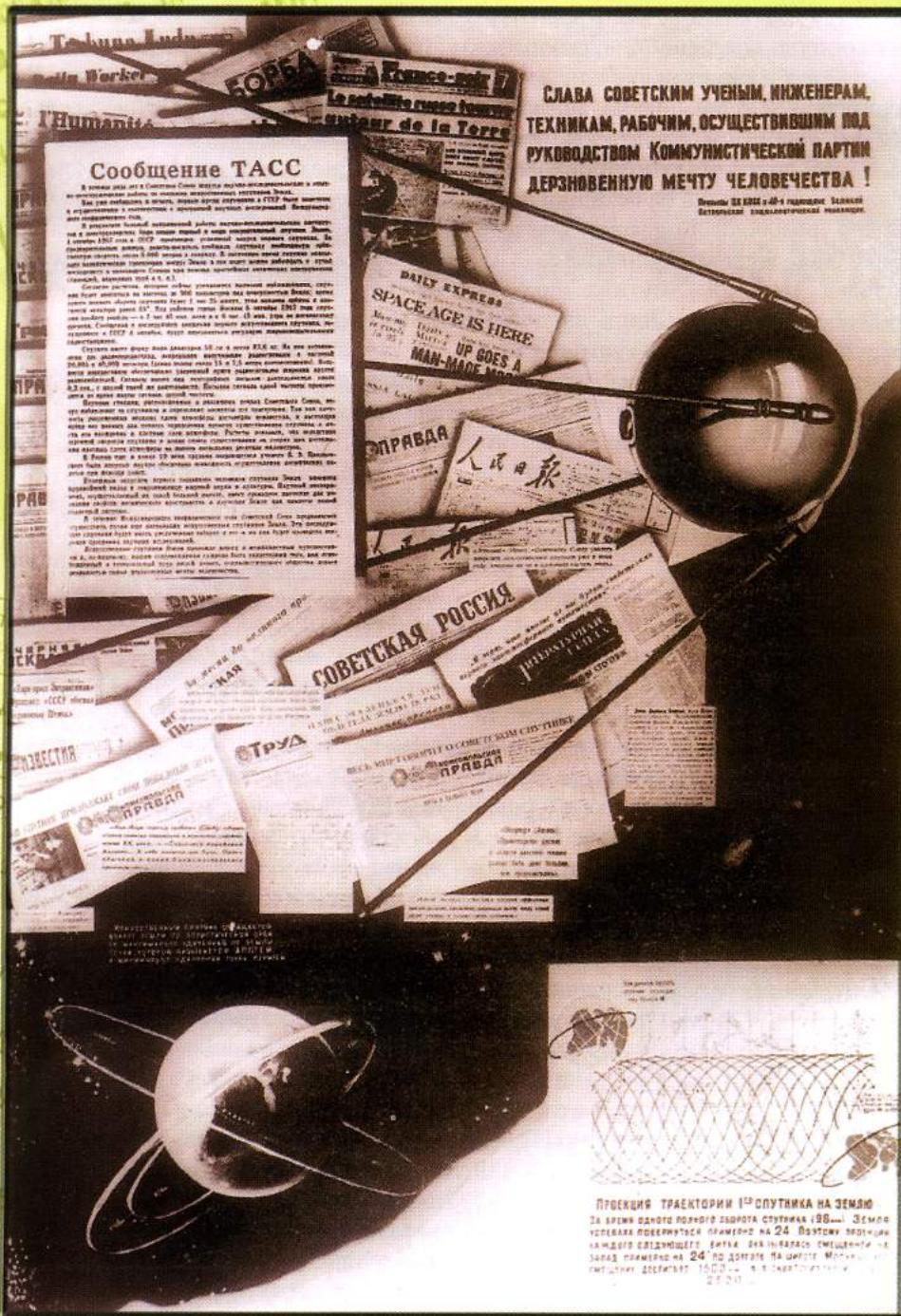
Найважливіші віхи пілотованої космонавтики

12 квітня 1961 р.	Юрій Гагарін (СРСР), КК "Восток", перший політ людини у космос
11-12 серпня 1961 р.	А. Ніколаєв (СРСР), КК "Восток-3", П. Попович (СРСР), КК "Восток-4", перший груповий політ у космос
20 лютого 1962 р.	Дж. Гленн (США), КК "Friendship-7", перший політ американського астронавта
16 червня 1963 р.	В. Терешкова (США), КК "Восток-6", перший політ жінки-космонавта
12 жовтня 1964 р.	В. Комаров, К. Феоктистов, Б. Єгоров (СРСР), КК "Восход-1", перша космічна експедиція
18 березня 1965 р.	О. Леонов (СРСР), КК "Восход-2", перший вихід людини у відкритий космос
20 липня 1969 р.	Н. Армстронг (США), КК "Apollo-11", перший вихід людини на поверхню Місяця (у складі екіпажу Б. Олдрін, М. Коллінз (США))
19 квітня 1971 р.	"Салют-1" (СРСР), запуск першої орбітальної космічної станції (ОКС)
19 липня 1975 р.	О. Леонов, В. Кубасов (СРСР), Т. Стеффорд, В. Бранд, Д. Слейтон (США), КК "Союз - Apollo", перший міжнародний екіпаж у космосі
12 квітня 1981 р.	Дж. Янг, Б. Кріппен (США), КК "Space Shuttle Challenger", перший політ КК багаторазового використання серії "Space Shuttle"
7 лютого 1984 р.	Б. Мак-Кандлесс (США), КК "Space Shuttle Challenger" перший вихід людини у відкритий космос в автономному режимі
20 лютого 1986 р.	"Мир" (СРСР), запуск першої ОКС модульної конструкції
20 листопада 1998 р.	Запуск першого блоку ("Заря") Міжнародної космічної станції (МКС) за участі США, Росії, Канади, Західної Європи, Японії, Бразилії

Піонерські космічні траси

4 жовтня 1957 р.	Запуск першого штучного супутника Землі (СРСР)
31 січня 1958 р.	Запуск ШСЗ "Explorer-1" (США), який відкрив радіаційні пояси Землі
13 вересня 1959 р.	АМС "Луна-2" (СРСР) вперше досягла Місяця
7 жовтня 1959 р.	АМС "Луна-3" (СРСР) вперше передала фотографії зворотного боку Місяця
2 грудня 1962 р.	КА "Mariner-2" (США) вперше досяг Венери
14 липня 1965 р.	КА "Mariner-4" (США) вперше досяг Марса
17 листопада 1970 р.	КА "Луноход-1" (СРСР), перший космічний робот (на Місяці)
15 грудня 1970 р.	АМС "Венера-7" (СРСР), перша АМС на іншій планеті (на Венері)
3 березня 1972 р.	Запуск КА "Pioneer-10" (США), який вперше вийде за межі Сонячної системи і на борту якого знаходитьться закодована інформація про земну цивілізацію
5 грудня 1973 р.	КА "Pioneer-10" (США) вперше досяг Юпітера
29 березня 1974 р.	КА "Mariner-10" (США) вперше досяг Меркурія
1 вересня 1979 р.	КА "Pioneer-11" (США) вперше досяг Сатурна
24 січня 1986 р.	КА "Voyager-2" (США) вперше досяг Урана
4-25 березня 1986 р.	КА VEGA-1,2 (СРСР), "Giotto" (Західна Європа) "Suisei", "Sagikake" (Японія), ICE (США) вперше досягли комети (Галлея)
24 серпня 1989 р.	КА "Voyager-2" (США) вперше досяг Нептуна
17 лютого 1996 р.	КА NEAR (США) вперше досяг астероїда (253 Матильда)
13 лютого 2001 р.	КА "Shumeiker" (США) вперше здійснив посадку на астероїд (Ерос)

Перші штучні супутники Землі Перші космічні дослідження Місяця 1957 — 1960



ПЪСТВЕННАЯ
ЕГРАММА
Перший штучний супутник Землі



Собака Лайка — перша жива істота, яка 1957 р. здійснила космічний політ на борту другого радянського ШСЗ

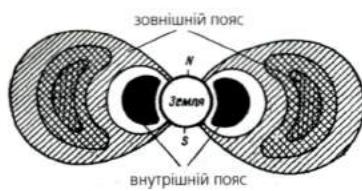
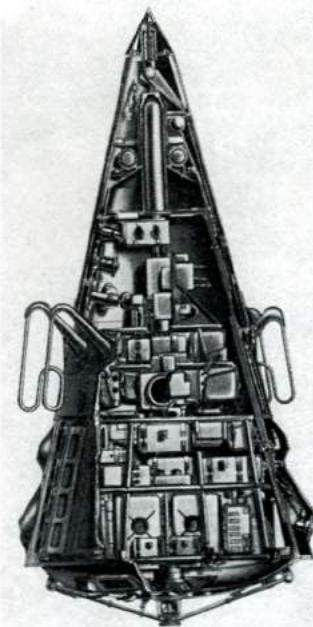


Схема радіаційних поясів Землі за даними спостережень ШСЗ "Explorer-1", "Explorer-3" та третього радянського ШСЗ

Третій радянський ШСЗ — перша автоматична наукова лабораторія в космосі



4 жовтня 1957 р. Радянський Союз вивів на орбіту перший штучний супутник Землі. Супутник мав форму кулі діаметром 58,3 см і важив 83,6 кг, на ньому були встановлені 4 антени довжиною 2,4 (2,9 м та 2 радіопередавачі, які безперервно протягом 22 діб працювали на довжинах хвиль 15 м і 7,5 м, що дало змогу спеціальним станціям та радіолюбителям всього світу приймати їхні радіосигнали. Супутник було виведено на навколоземну орбіту (параметри орбіти: висота перигею — 228 км, висота апогею — 947 км, нахил орбіти до екватора — 65,1°) за допомогою модифікованої міжконтинентальної балістичної ракети Р-7 розробки Конструкторського бюро ОКБ-1 під керівництвом С. Корольова. Перший супутник виконав 1400 обертів навколо Землі, що дозволило отримати дані про густину і температуру верхньої атмосфери Землі (за зміною орбіти супутника) та дослідити розповсюдження радіосигналів в іоносфері. Супутник припинив своє існування 5 січня 1958 р.

За два роки до цієї події президент АН СРСР академік О. М. Несмєянов попросив видатних вчених висловити свою думку щодо можливостей запуску і використання штучних супутників Землі (ШСЗ). Відповіді були різними — від "фантастикою не займаюся" та "вихід у космос відбудеться не раніше 2000 року" до конкретних наукових пропозицій. 1954 року, за багато років до того як С. Корольов стане широко відомим як "Головний конструктор", він написав: "Мені здається, що зараз була б своєчасною і доцільною організація науково-дослідницького відділу для проведення перших пошукових робіт по супутнику і більш детального розгляду комплексу питань стосовно цієї проблеми". Наскільки геніальною була ця думка, настільки ж інтенсивними стали зусилля ОКБ-1 С. Корольова, щоб супутник, названий пізніше найпростішим, був виведений на орбіту. Насправді, з сучасної точки зору, в першому супутнику нічого особливого не було: звичайна

алюмінієва куля з антенами радіопередавачів, без наукових пристрій і апаратури. Але успішний запуск цього супутника знаменував початок космічної ери людства з її новими можливостями дослідження Землі і Всесвіту.

Через місяць після запуску першого ШСЗ, 3 листопада 1957 р., СРСР вивів на орбіту (225 км; 1671 км; 65,3°) другий штучний супутник Землі вагою 508,3 кг, на борту якого знаходилася перша жива істота — собака Лайка. На відміну від першого ШСЗ, цей супутник не відокремлювався від останнього ступеня ракети-носія (РН), де знаходилися герметична кабіна з Лайкою та системи для реєстрації поведінки собаки в умовах невагомості, телеметричної передачі даних першого медико-біологічного експерименту на Землю, а також апаратура для досліджень космічних променів і короткохвильового сонячного випромінювання. Другий ШСЗ здійснив 2359 обертів навколо Землі і завершив свою роботу на орбіті 14 квітня 1958 р.

31 січня 1958 р. США вивели на орбіту (360 км; 2534 км; 33,24°) свій перший супутник "Explorer-1" — ця подія знаменувала початок американської космонавтики. ШСЗ "Explorer-1" мав довжину близько 1 м, діаметр — 15,2 см і вагу 4,8 кг, він був з'єднаний з четвертим, останнім ступенем РН "Юнона-1", разом з яким його вага на орбіті складала 13,86 кг, а довжина — 2,05 м. Особливостями конструкції першого американського ШСЗ були мініатюризація його апаратури і телеметричної системи та наявність бортового лічильника Гейтера—Мюллера для реєстрації космічних променів. Коли "Explorer-1" успішно досягнув рекордної висоти апогею навколоземної орбіти, лічильник припинив лічбу, а це означало, що Земля оточена поясом високоенергетичних часток, які захоплені геомагнітним полем. Встановлення існування радіаційного поясу Землі було першим науковим відкриттям практичної космонавтики.

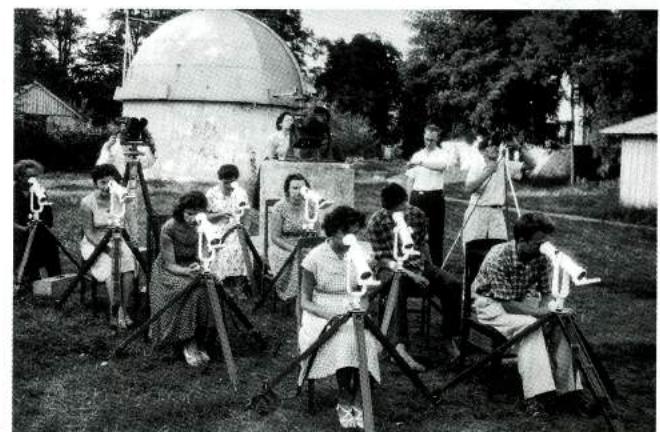
17 березня 1958 р. США успішно вивели на орбіту (650 км; 3968 км; 34,25°) свій другий ШСЗ "Avangard-1" масою 1,47 кг і діаметром 16,3 см (перші дві спроби запуску ШСЗ цієї серії 6 грудня 1957 р. і 5 лютого 1958 р. були невдалими). На цьому супутнику вперше були використані сонячні батареї як бортове джерело енергії. ШСЗ "Explorer-3", який було запущено 26 березня 1958 р., перебував на орбіті значно довше за своїх попередників (94 доби) і підтверджив дані, отримані ШСЗ "Explorer-1", про існування внутрішнього радіаційного поясу Землі. Пізніше навколоземна зона радіації високої інтенсивності була названа на честь Дж. ван Аллена – американського вченого, який запропонував ідею використання і розробив бортовий зразок гейгерівського лічильника.

15 травня 1958 р. Радянський Союз вивів на орбіту третій ШСЗ, який був значно досконалішим, ніж перші два супутники. Це була перша спеціалізована геофізична лабораторія в космосі. На ньому було встановлено різноманітні прилади для дослідження магнітного поля Землі, радіаційного випромінювання, метеорної речовини навколо Землі та вимірювання складу і параметрів верхньої атмосфери на різних висотах. На цьому супутнику для забезпечення роботи радіопередавача було використано сонячні батареї. Вага супутника становила 1327 кг, а вага наукової апаратури – 968 кг. Під час польоту супутника (691 доба) було відкрито існування другого (зовнішнього) радіаційного поясу Землі. Супутник припинив своє існування 6 квітня 1960 р.



Так фактично розпочалося змагання двох наддержав у космічній галузі. Занепокоєні відставанням від СРСР, США 1 жовтня 1958 р. для організації космічних досліджень створили Національне управління аeronавтики та космічних досліджень (НАСА), яке в кінці ХХ століття стало лідером у розвитку світової космонавтики.

Одночасно була налагоджена міжнародна співпраця. З перших днів космічної ери більше 200 станцій оптичних спостережень ШСЗ у 20 країнах світу розпочали роботу, головною метою якої було не загубити у безмежному просторі штучних посланців Землі. На відміну від природних небесних тіл, які можна спостерігати протягом тривалого часу вдень (Сонце) чи вночі (зорки, планети), ШСЗ доступні для спостережень тільки у ранкові чи вечірні години, коли поверхня Землі занурена у темряву, а сам супутник, знаходячись на великій відстані, ще освітлюється Сонцем. Такі спостереження, виконані у різних місцях земної кулі, дозволяють розрахувати положення супутника (ефемериду) в кожний заданий момент часу. Для координації цих робіт 1958 р.



Перші спостереження ШСЗ в м. Києві (з архіву О. Осипова)

Перші штучні супутники Землі. Перші космічні дослідження Місяця. 1957 - 1960

згідно з програмою МГР було створено міжнародну "Службу супутників". З'ясувалося, що вивчення руху супутників і еволюції їхніх орбіт дозволяє вирішити ряд важливих задач геодезії і геофізики, пов'язаних з побудовою земних систем координат та дослідженням атмосфери та гравітаційного поля Землі. Українські обсерваторії брали активну участь у цій службі, а особливе визнання світової спільноти заслужили колективи спостерігачів Лабораторії космічних досліджень Ужгородського університету на чолі з М. Братійчук та Астрономічної обсерваторії Київського університету під керівництвом О. Осипова. З часом на зміну візуальним і фотографічним спостереженням ШСЗ прийшли високоточні лазерні вимірювання відстаней до ШСЗ, а також радіоінтерферометричні спостереження далеких квазарів та космічних апаратів (КА). Такі спостереження активно велися в Україні, в м. Сімеїзі та селищі Кацівелі (Крим), а Кримська астрофізична обсерваторія (КрАО) завдяки її унікальному телескопу РТ-22 була серед пionерів запровадження радіоінтерферометрії з наддовгими базами (РНДБ). 1958 р. почалися позаатмосферні дослідження Всесвіту за допомогою ШСЗ, в яких брали участь і українські вчені. Так, на третьому радянському ШСЗ було встановлено сонячний короткохвильовий дифракційний спектрометр з автономною системою астроорієнтації на Сонце розробки КрАО.

Завдяки науковим дослідженням, які виконувалися з борту перших ШСЗ або за даними їхніх наземних спостережень, виникла нова галузь фундаментальної науки – космічна фізика, а також були закладені основи перспективного науково-технічного напрямку – розробка бортових комплексів наукової апаратури та систем телеметрії. Запуски перших ШСЗ стали могутнім стимулом для удосконалення конструкції та технології виготовлення багатоступеневих РН, а також систем їхнього балістичного забезпечення. Були створені потужні РН, у США – на базі балістичних ракет "Атлас" і "Тор", у Радянському Союзі – на базі СС-4, СС-5, СС-6, СС-9 (головний розробник ракет стратегічного призначення – ОКБ "Південне" під керівництвом М. Янгеля, м. Дніпропетровськ). Радянські РН мали більшу вагу і тягу двигунів у порівнянні з американськими РН того ж призначення, і були здатні виводити на орбіту більший корисний вантаж (пізніше вони були використані для запусків КА серії "Космос", "Електрон", "Полет", "Прогноз" та "Молния"). Якраз перевага в цій сфері та висока досконалість радянських РН порівняно з американськими дозволила СРСР утримувати лідерство на другому етапі освоєння космосу

– запуску КА до Місяця та планет Сонячної системи. В СРСР були розроблені дві схеми польоту на Місяць: без корекції траекторії та політ на Місяць з використанням проміжної орбіти з наступною корекцією траекторії.

2 січня 1959 р. за допомогою РН СС-6 була успішно запущена перша радянська космічна ракета "Луна-1" ("Мечта"), яка, досягнувши другої космічної швидкості, вийшла на траекторію польоту до Місяця і стала першим науковим зондом в міжпланетному просторі. РН СС-6 була дообладнана додатковим ступенем, що і дозволило вивести КА вагою 361,3 кг на другу космічну швидкість 11,2 км/с. На борту "Луна-1" знаходилася апаратура для вимірювань сонячної і космічної радіації, міжпланетного магнітного поля і газового складу міжпланетної речовини. З січня 1959 р. на відстані 119000 км від Землі з її борту було випущено "штучну комету" – хмару флуоресцентного натрію, за спостереженнями якої здійснювався контроль польоту, а саме, сонячне випромінювання висвітило пари натрію, що дозволило станціям оптичного спостереження на Землі фотографувати хмару на фоні сузір'я Водолія. "Луна-1" не зустрілася з Місяцем і пройшла від нього на відстані 6200 км. Вийшовши на орбіту навколо Сонця, вона стала першим штучним об'єктом Сонячної системи, створеним людським розумом у другій половині ХХ ст.

Штурм Місяця продовжувався. Після декількох невдалих стартів КА до Місяця, 3 березня 1959 р. США здійснили запуск космічної ракети "Pioneer-4" (КА вагою 6 кг), яка пролетіла на відстані 59200 км від Місяця.

12 вересня 1959 р. космічна ракета "Луна-2" (КА вагою 390,2 кг) досягла орбіти Місяця та доставила на його поверхню автоматичну міжпланетну станцію (АМС) "Луна-2" з комплексом наукових пристрійств та вимпел зображенням герба Радянського Союзу. Важливо відмітити, що були здійснені заходи щодо недопущення забруднення місячної поверхні земними мікроорганізмами. Посадка АМС на поверхню Місяця переконливо довела, що СРСР швидкими темпами вдосконалює техніку конструювання міжпланетних апаратів. З АМС підтримувався постійний радіозв'язок аж до відстані 400 000 км від Землі. Для виведення "Луна-2" на орбіту, близьку до еліптичної, було використано не тільки силу двигунів ракети, але і гравітаційний маневр у політяжиння Землі і Місяця. Прилади АМС "Луна-2" зафіксували, що Місяць практично не має власного магнітного поля і радіаційного поясу (10 % від космічного фону). На долю ракети "Луна-2" також

випала честь виконати перші прямі вимірювання параметрів сонячного вітру. Це явище було вперше обґрунтовано в теорії динамічної корони Сонця (створеної київськими астрономами на чолі з Е. Пономарьовим і С. Всехсвятським у 1954 — 1955 рр.), а честь його відкриття належить американському вченому Ю. Паркеру. За цією концепцією вважалося, що в процесі неперервного корпускулярного випромінювання Сонце втрачає близько 10^{20} г/рік своєї маси, і міжпланетний простір заповнено потоком сонячної плазми, який було названо сонячним вітром вже після того, як КА виміряли її параметри (швидкість $300 \div 700$ км/с, густота потоку протонів $3 \div 20$ см⁻³, електронна температура $90000 \div 200000$ К, інтенсивність магнітного поля $(1 \div 2)10^{-5}$ Гс).

На другу річницю запуску першого ШСЗ, 4 жовтня 1959 р., "Луна-3" (вага 435 кг) облетіла Місяць. За програмою польоту 7 жовтня з висоти 6200 км над поверхнею Місяця було вперше здійснено фотозйомку у космосі, обробку фотоплівки на борту КА та передачу зображення на Землю за допомогою телевізійної системи. КА "Луна-3" передала фотографії зворотного боку Місяця, який до цього людина ніколи не бачила (зйомка охопила 70 % невидимої поверхні). Система орієнтації забезпечувала наведення фотоапаратів на Місяць і їхню стабілізацію у просторі під час фотозйомки. Після аналізу мозаїчних карт, складених з фотографій, з'ясувалося, що зворотний бік Місяця істотно відрізняється від видимого: на його поверхні менше морів, а більше кратерів і утворень середніх розмірів. Велика серія знімків поверхні Місяця для досліджень його рельєфу була отримана в наступні роки з борту КА серії "Зонд" (СРСР) та "Lunar Orbiter" (США). Найменші розміри об'єктів на знімках становили $15 \div 20$ м (для порівняння фотографії видимого боку Місяця, виконані з Землі, дозволяли розрізнити об'єкти розміром $0,5 \div 1$ км). Зазначені програми доповнювали одна одну, що дало можливість охопити зйомкою майже всю поверхню Місяця (за винятком території біля Південного полюса) та запровадити обмін науковою інформацією у космічній галузі між СРСР та США на міждержавному рівні. В 1960 р. було опубліковано "Атлас зворотного боку Місяця", одним із авторів якого був відомий український астроном М. Барабашов (Харківський державний університет). Атлас було використано для створення глобуса Місяця. Цікаво відмітити, що з цього часу деталям зворотного боку Місяця почали присвоювати імена визначних людей світу (Ціолковський, Максвелл, Ломоносов тощо).

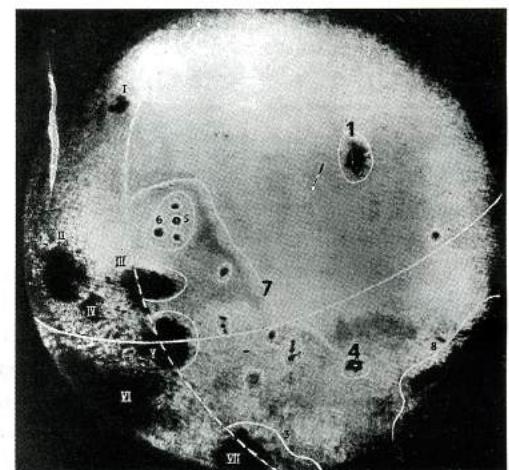
П'ятдесяті роки освоєння далекого космосу закінчилися повним тріумфом радянської космічної техніки. Тільки в трьох успішних запусках Радянський Союз вивів до Місяця 1186 кг корисного вантажу, тоді як США вдалося запустити лише один апарат ("Pioneer-4") вагою 6 кг.

1960 року НАСА здійснило запуски перших супутників прикладного призначення, а саме метеосупутника "Tirros-1" і супутника зв'язку "Echo-1". Метеосупутник передав на Землю фотографії різних районів Землі площею 2700×5600 км. Оригінальною була конструкція сферичного супутника "Echo-1", виготовленого з майларової плівки і покритого алюмінієм: після виходу на орбіту супутник наповнився газом і перетворився на кулю діаметром близько 30 м. Вперше було досліджено можливість ретрансляції сигналів шляхом відбиття радіохвиль від оболонки супутника.



Елемент кульового вимпела з зображенням герба СРСР, який АМС "Луна-2" в 1959 р. доставила на Місяць в район Моря Ясності

Перші знімки зворотного боку Місяця, отримані в 1959 р. КА "Луна-3" (1 — Море Москви, 4 — кратер Ціолковський, 7 — Радянські Гори). Римськими цифрами позначені окремі елементи рельєфу видимого боку Місяця



Водночас з програмою запусків ШСЗ та КА Радянський Союз і США відпрацьовували системи майбутнього пілотованого космічного корабля, схему його запуску і повернення на Землю. Змагання між країнами відбувалося за абсолютним принципом — перший у Космосі той, чий космонавт першим побудуває у космосі. 15 травня 1960 р. Радянський Союз здійснив запуск першого "корабля-супутника" вагою 4540 кг. На його борту був розміщений вантаж, який імітував вагу космонавта та необхідного обладнання для забезпечення польоту людини. Цей політ завершився невдало. 10 серпня 1960 р. США запустили ШСЗ "Discoverer-13" вагою 136 кг, від якого через дві доби відокремилася спеціальна кабіна-капсула і на парашуті спустилася в Тихий океан. 16 серпня 1960 р. з ШСЗ "Discoverer-14" відокремилася капсула вагою 38.5 кг, яка на висоті 3 км була підхоплена літаком. 19 серпня 1960 р. Радянський Союз здійснив успішний запуск другого корабля-супутника "Спутник-5" вагою 4600 кг. В кабіні корабля знаходилися дві собаки (Стрілка і Білка) та інші біологічні об'єкти. Вперше для спостереження за тваринами на кораблі була встановлена телевізійна система, яка забезпечила передачу рухомих зображень із космосу. Собаки Стрілка і Білка, подолавши на КА "Спутник-5" більше 700000 км, стали першими живими істотами, які успішно повернулися на Землю. Після цього для виконання медико-біологічних досліджень в умовах космічного польоту та відпрацювання схеми повернення на Землю ще на трьох радянських кораблях-супутниках побували чотири собаки, різні дослідні тварини та манекени, які було вмонтовано в крісла космонавтів. Польоти четвертого і п'ятого кораблів-супутників (фактично прототипів космічних кораблів майбутньої серії "Восток") виконувалися за програмою, яка імітувала перший політ космічного корабля з космонавтом на борту.

9 березня 1960 р. було підписано наказ про створення першого загону космонавтів. З трьох тисяч бажаючих було відібрано двадцять осіб. Спочатку підготовка до польоту проходила в маленькому будинку біля станції метро "Аеропорт" в Москві, а через півроку група перехала у новозбудоване Зорянє містечко. Тут продовжувалися заняття з льотної

підготовки, тренування та випробування, медичне та психологічне обстеження. Через рік перед Держкомісією постало 19 майбутніх космонавтів, з яких після державного іспиту залишилося шестеро — В. Биковський, Ю. Гагарін, Г. Нелюбов, А. Ніколаєв, П. Попович, Г. Титов. В ті дні, під час чергових тренажерних занять, з групою космонавтів вирішив більше познайомитися головний конструктор радянської космічної техніки С. Корольов. Вважається, що це знайомство стало ключовим у виборі першого космонавта Землі. Як згадували пізніше учасники тестування, С. Корольов задавав запитання про будову КК "Восток", з космічної тематики, пропонував знаходити виходи з нештатних ситуацій. Більшість запитань була адресована Ю. Гагаріну, який не відповідав близькуче, але досить впевнено, а на деякі запитання навіть відповідав "не знаю". А через тиждень, коли шестеро космонавтів пройшли повне медичне обстеження, С. Корольов зробив свій вибір: "Першим полетити Ю. Гагарін, дублером буде Г. Титов. Прізвищ в документації не писати, вони будуть проходити як випробувачі № 1 і № 2". Другим дублером було визнано Г. Нелюбова. Підготовка до першого польоту йшла в надсекретних умовах. Наприклад, С. Корольов наказав навіть в офіційних документах першим за розмірами костюма і скафандра вказувати Г. Титова, а другим — Ю. Гагаріна. Таємниця зберігалася до останнього засідання Держкомісії. 5 квітня 1961 р. помічник Главкому ВПС з космосу генерал М. П. Каманін записав: "В останні дні я все більше чую висловлень на користь Титова, і в мене самого зростає віра в нього... Все ж таки, хто — Гагарін чи Титов? Важко вирішити, кого посилати на вірну смерть, і так само важко вирішити, кого з 2-3 достойних зробити світовою знаменитістю і навіки зберегти його ім'я в історії людства". 9 квітня 1961 р. за годину до засідання Держкомісії всіх шістьох космонавтів запитали, кого вони самі обирають першим, — четвертою назвали Ю. Гагаріна, сам Ю. Гагарін промовчав. На засіданні Держкомісії було оголошено, що космонавтом № 1 визнано Юрія Гагаріна. Цікаво, що пізніше, вже ставши світовою легендою і першим громадянином Землі та поділившись своїми враженнями про те, яка маленька і красива наша Земля з космосу, Ю. Гагарін сказав, що він хотів бути космонавтом № 2, — бути звичайною людиною...

**Перший політ людини у космос
Пілотована космонавтика
Початок космічних досліджень планет
1961 – 1968**



КК "Восток"
Перший космонавт Землі –
Юрій Гагарін

12 квітня 1961 р. о 9 год 7 хв за московським часом з космодрому Байконур (Казахстан) міжkontинентальна балістична ракета Р-7 вивела на навколоzemну орбіту (181 км; 327 км; 65°) пілотований космічний корабель (КК) "Восток" з льотчиком-космонавтом Юрієм Гагаріним на борту. Через 108 хв після початку польоту, здійснивши повний оберт навколо Землі за 89 хв, КК "Восток" приземлився в селі Смєловка Саратовської області РРФСР.

Здійснилася багатовікова мрія землян — людина вийшла у космос! Звістка про політ Ю. Гагаріна з блискавичною швидкістю розповсюдилася по всій земній кулі, люди раділи цій знаменній події і відчували себе причетними до великої справи завоювання космосу. Політ Ю. Гагаріна відкрив якісно новий етап в історії освоєння космічного простору — пілотовану космонавтику.

КК "Восток" було створено групою вчених і конструкторів під керівництвом С. Корольова. Космічний корабель складався з двох відсіків. Пілотований відсік — кабіна космонавта і водночас спускний апарат — мав форму сфери діаметром 2,3 м, яка була покрита ablаційним матеріалом для теплового захисту апарату під час його спуску в атмосфері. Вага типового КК "Восток" складала 4730 кг, а разом із останнім ступенем РН — 6170 кг. Під час всього польоту КК, починаючи зі старту, коли на весь світ пролунало знамените гагарінське "Поехали!", з космонавтом підтримувався радіозв'язок. Керування КК здійснювалося автоматично. Ю. Гагарін у скафандрі знаходився в катапультному кріслі літакового типу. Атмосфера КК (тиск 1 атм) складалася із суміші кисню з азотом. Пілотований відсік з'єднувався спеціальними металевими стрічками з приладним відсіком, де знаходилися система життєзабезпечення

Перші радянські космонавти,
які здійснили польоти
на КК серій "Восток" і "Восход".

У верхньому ряду зліва направо:
Юрій Гагарін,
Валерій Биковський,
Борис Єгоров,
Павло Беляєв,
Павло Попович,
Володимир Комаров;

у нижньому ряду:
Костянтин Феоктистов,
Валентина Терешкова,
Олексій Леонов,
Андріян Ніколаєв,
Герман Титов

космонавта, установка для гальмування швидкості при переході КК у режим спуску, двигуни орієнтації та енергетичні батареї для радіоустановки і приладів. Технічним завданням передбачалася така схема спуску КК серії "Восток". Під час спуску КК металеві стяжні стрічки розривалися завдяки використанню пріроблітів, і спускний апарат з космонавтом входить в атмосферу Землі. На висоті близько 7 км над Землею відбувається відстрілювання вхідного люка, і крісло з космонавтом катапультується на парашуті. В момент приземлення крісло відокремлюється з метою запобігання травмам космонавта. Безпілотний спускний апарат приземляється на окремому парашуті. За такою схемою відбулися спуски на Землю всіх космонавтів КК серії "Восток", за винятком Ю. Гагаріна. У першому пілотованому польоті катапультне крісло не використовувалося, і Ю. Гагарін приземлився у спускному апараті.

В 1961—1963 рр. в СРСР було здійснено ще п'ять пілотованих польотів на КК серії "Восток". Другий космонавт Землі — Герман Титов — стартував 6 серпня 1961 р. на КК "Восток-2". Г. Титов здійснив 17 обертів навколо Землі, політ тривав 25 год 18 хв. 11 серпня 1962 р. А. Ніколаєв на КК "Восток-3" і 12 серпня 1962 р. П. Попович, перший українець у космосі, на КК "Восток-4" здійснили перший груповий політ. Найближча відстань між КК складала 6,5 км. Цей політ продемонстрував можливість здійснення маневрів КК на орбіті та встановлення радіозв'язку між екіпажами. А. Ніколаєв здійснив 64 оберти навколо Землі за 94 год 10 хв, а П. Попович — 48 оберти за 70 год 44 хв. 14 червня 1963 р. стартував КК "Восток-5" з льотчиком-космонавтом В. Биковським. Протягом двох діб В. Биковський



керував КК у ручному режимі та виконував заплановані медичні експерименти. 16 червня 1963 р., коли КК “Восток-5” був над Байконуром, на орбіту було виведено КК “Восток-6”, яким керувала перша жінка-космонавт – Валентина Терешкова. Між кораблями було встановлено радіозв’язок. В. Терешкова здійснила 48 обертів навколо Землі і провела у космосі 70 год 41 хв, а В. Биковський – 82 оберти і провів у космосі майже 119 год (рекорд перебування в космосі космонавта КК серії “Восток”).

У відповідь на політ Ю. Гагаріна США прискорили виконання своєї програми пілотованих польотів, і два американських астронавти здійснили суборбітальні польоти на КК серії “Mercury”. 5 травня 1961 р. А. Шепард став першим американським астронавтом, який на КК “Freedom-7” здійснив стрибок у космос – балістичний політ, піднявшись на висоту 185 км (за правилами НАСА кожному, хто піднімається на висоту більше 80 км, присвоюється звання астронавта). А. Шепард провів у космосі 15 хв 22 с і приземлився в Атлантичному океані. Через три тижні, незважаючи на те, що американський КК не досяг навколоземної орбіти, президент США Дж. Кеннеді оголосив, що до кінця 1960-х років США здійснять політ людини на Місяць, залучивши до виконання цього проекту всі можливі національні ресурси. Оскільки і друга спроба запуску американського КК “Liberty Bell-7” (21 липня 1961 р.) з астронавтом В. Гріссомом на навколоzemну орбіту була невдалою, НАСА прийняло рішення удосконалити конструкцію космічних капсул.

КК серії “Mercury” істотно відрізнявся від КК серії “Восток”. По-перше, він складався тільки з одного модуля – пілотованої капсули у вигляді зрізаного конуса довжиною 2,9 м і діаметром 1,89 м. Герметична оболонка капсули була виготовлена з нікелевого сплаву з титановою обшивкою для захисту капсули під час її спуску в атмосферу. До основи капсули кріпився спеціальний захисний екран, який було виготовлено з абліційного матеріалу. Три твердопаливних двигуни, які кріпилися стропами до захисного екрану, служили системою гальмування. Крім того, КК мав 18 спеціальних двигунів орієнтації. Атмосфера КК (тиск 0,36 атм) складалася з чистого кисню. Система аварійного рятування знаходилася у вершині капсули. Послідовність входу в атмосферу КК серії “Mercury” майже збігалася зі схемою спуску КК “Восток”. Двигуни орієнтації спочатку забезпечували поступове входження капсули в атмосферу, а пізніше включалася система гальмування, яка потім відокремлювалася. Форма КК у вигляді зрізаного конуса дозволяла використовувати аеродинамічне керування під час спуску в атмосфері, а ручна система керування давала змогу астронавту змінювати траєкторію польоту і вибирати місце посадки. На останньому етапі відкривався парашут, який спускав КК з астронавтом в море (американські спускні апарати приводнювалися).

20 лютого 1962 р. балістична ракета “Атлас” вперше вивела на навколоzemну орбіту КК “Friendship-7” з американським астронавтом Джоном Гленном. Дж. Гленн здійснив три оберти навколо Землі за 4 год 55 хв. Під час повернення на Землю, при вході в атмосферу, виникли нештатні ускладнення, і тільки завдяки власній майстерності Дж. Гленн у режимі ручного керування успішно здійснив посадку. 24 травня 1962 р. на КК “Aurora-7” американський астронавт М. С. Карпентер здійснив другий успішний політ на навколоzemну орбіту. Вдалими стали і наступні польоти: 3 жовтня того ж року астронавта У. Ширри на КК “Sigma-7”, який виконав шість обертів навколо Землі за 9 год 13 хв, та 15 травня 1963 р. астронавта Г. Купера на КК “Faith-7”. Головною метою польоту Г. Купера було збільшення тривалості польоту (більше однієї доби) – астронавт здійснив 22 оберти навколо Землі за 34 год 20 хв.



Прототип КК серії “Mercury”
(загальна назва
перших КК США,
назву окремих КК і цифру “7”
обирали самі астронавти)
під час
експериментального запуску
21 лютого 1961 р.



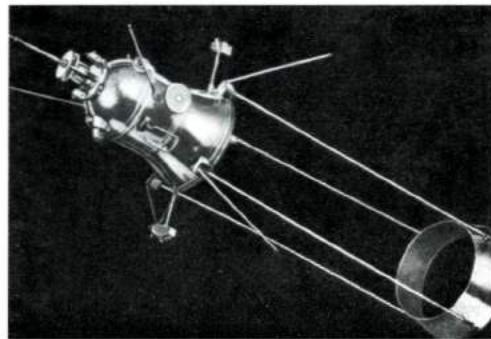
Перші американські астронавти.
У верхньому ряду зліва направо:
Алан Шепард, Вірджил Гріссом, Гордон Купер;
У нижньому ряду:
Уолтер Ширра, Деке Слейтон,
Джон Гленн, Малькольм С. Карпентер

За цими сухими фактами та цифрами, які характеризують польоти перших радянських космонавтів та американських астронавтів — 12 чоловіків та одна жінка — ховається титанічна праця багатьох тисяч науковців та працівників ракетно-космічної галузі СРСР і США та великий подвиг перших людей у космосі. Це були польоти у невідоме. Якою є остання безпечна межа тривалості перебування людини у космосі? Які критичні навантаження від прискорень КК під час старту і спуску людина може перенести? Чи зможе людина працювати в умовах невагомості, і якою буде її адаптація після повернення на Землю? На ці та інші запитання необхідно було знайти однозначні відповіді. Програми пілотованих польотів набирали свого робочого ритму: вдосконалювалися техніка керування космічними польотами і маневрування КК на орбіті, модифікувалися ракети-носії і космічні кораблі, покращувалися скафандри і системи життєзабезпечення космонавтів. Крок за кроком космос ставав місцем життедіяльності людини.

Водночас розширявалося використання супутників прикладного призначення та космічних апаратів для досліджень планет та міжпланетного космічного простору.

16 березня 1962 р. було здійснено запуск першого радянського супутника серії "Космос" для вивчення навколоземного космічного простору. КА ДС-2 ("Космос-1") було розроблено Конструкторським бюро "Південне" (м. Дніпропетровськ) на чолі з Михайлom Янгелем. Оскільки в 1961—1965 рр. виробництво КА ще не було стандартизованим, кожен апарат серії "Космос" був унікальним, тобто одиночного застосування для вирішення спеціалізованих задач у космосі. За такого підходу було неможливо у стислі терміни розробити і виготовити різноманітні типи КА. Тому вже 1966 р., вперше у практиці світової космонавтики, КБ "Південне" запровадило принцип уніфікації платформ КА як основи для дооснащення їх багатоцільовими бортовими дослідницькими комплексами, а "Південний машинобудівний завод" налагодив серійне виготовлення КА. Загалом ШСЗ серії "Космос" дозволяли вести довготривалі дослідження стану верхніх шарів атмосфери та іоносфери Землі і вивчати вплив на них сонячної активності. За їхньою допомогою забезпечувалося метеорологічне прогнозування, виконання астрофізичних і медико-біологічних експериментів, а також розв'язування різноманітних технічних проблем. Наприклад, КА "Космос-7" (запущено 28 червня 1962 р.) мав на меті дослідити радіацію, що виникла після американського ядерного вибуху за програмою "Старфіш", щоб забезпечити радіаційну безпеку польотам КК "Восток-3" та "Восток-4". Під час польоту КА "Космос-41" (запуск 22 серпня 1964 р.) досліджувалося функціонування сонячних батарей супутників зв'язку на значній віддалі від Землі. Загалом протягом першого десятиріччя космічної ери на навколоzemні орбіти було виведено близько 180 супутників серії "Космос".

У липні 1962 р. НАСА запустило перший приватний супутник зв'язку, а 7 травня 1963 р. — спеціалізований супутник радіо- і телезв'язку "Telstar-2". У грудні 1963 р. Радянський Союз здійснив запуск першого метеорологічного супутника. 1964 р. США вперше вивели на геосинхронну орбіту супутник зв'язку "Syncor-3".



КА "Космос-149",
з аерогіроскопічною
системою стабілізації

Спускний модуль КА "Венера"



Для детального дослідження динаміки фізичних процесів у радіаційних поясах Землі за даними одночасних вимірювань важливо було здійснити запуски спеціалізованих ШСЗ, які б виводилися однією РН на різні орбіти, у т. ч. на орбіти з досить витягнутим апогеєм (до 70000 км). У Радянському Союзі такими космічними апаратами стали ШСЗ серії "Електрон", запуск яких відбувся в січні і липні 1964 р. Не менш важливим, особливо для часток високих енергій, було цілеспрямоване дослідження космічних променів — механізму їхньої генерації у міжгалактичному і міжпланетному просторі, енергетичного спектру первинних часток високих і надвисоких енергій, процесів утворення вторинних часток високих енергій в атмосфері Землі, пошуку фундаментальних часток з дробовим зарядом (кварків). Ця задача потребувала створення іонізаційного калориметра і відповідної апаратури спостереження взаємодії високоенергетичних часток з ядрами атомів повітря, а також проведення довготривалих

експериментів за межами атмосфери Землі. З цією метою 1965 р. було запущено перші радянські супутники космічні станції серії "Протон". Цього ж року США вивели на орбіту КА "Pegas" для досліджень фізики навколоземного простору та метеорних часток, а в 1966 р. — геофізичну обсерваторію OGO-3 для вивчення впливу сонячної активності на стан земної атмосфери. 1965—1966 рр. Радянський Союз запроваджує на своїй території масштабну систему цілодобового радіозв'язку, телебачення і далекого багатоканального телефонного зв'язку за допомогою ШСЗ серії "Молния" (апогей — 40000 км, період обертання — 12 год), використовуючи їх як активні ретранслятори, а 1967 р. розпочала свою роботу перша наземна мережа станцій "Орбіта" для прийому телевізійних програм з космосу.

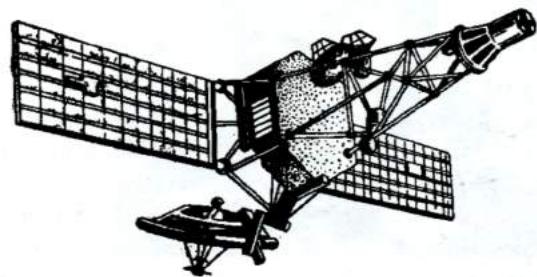
На початку 1960-х років відбулися перші запуски АМС до інших планет. Для запусків АМС до планет потрібна була не тільки висока точність визначення руху і положення тієї чи іншої планети на орбіті, але і використання моментів певної конфігурації взаємної розташуванні планет. Планети рухаються навколо Сонця з різними швидкостями, і їхне взаємне положення постійно змінюється. Траєкторія міжпланетного перельоту розраховується таким чином, щоб АМС, покинувши навколоземну орбіту, зустрілася з планетою призначення на певній ділянці її руху навколо Сонця. Зважаючи на масу корисного навантаження КК і тривалість польоту до планети, найефективнішими є так звані переходні орбіти Гоманна, які забезпечують доставку максимального корисного навантаження з мінімальною швидкістю на відстань, яка дорівнює приблизно половині орбітального шляху планети в її русі навколо Сонця. Для кожної планети існує своє "вікно запуску" КК з Землі — час, протягом якого виконується вищеозначена умова міжпланетного перельоту. Тривалість "вікна запуску" до планети складає кілька тижнів, а періоди запусків для польотів, наприклад, на Венеру настають через 19 місяців, на Марс — через 25 місяців. Максимальне корисне навантаження, яке можна доставити з Землі на іншу планету за допомогою певної розгінної системи, є таким, яке ця система здатна вивести на еліптичну навколоземну орбіту, дотичну до орбіт Землі та вибраної планети. Крім того, під час перельоту може бути використаний так званий гравітаційний розгін АМС у полі тяжіння найближчої до неї планети (наприклад, у польоті до Сатурна — поле Юпітера).

Першою АМС став американський апарат "Pioneer-5", запуск якого відбувся 11 березня 1960 р. Зв'язок з ним підтримувався до відстані у 36,5 млн км.

У Радянському Союзі перша можливість запуску АМС до інших планет з'явилася 1960 р. після ство-

рення РН "А-2-е". Цілком зрозуміло, що найближча до Землі планета — Венера, одне з найяскравіших та загадкових світил нічного неба, стала першою "планетою призначення" для польотів АМС. 12 лютого 1961 р., скориставшись першим за час космічної ери "вікном запуску" до Венери, Радянський Союз запустив АМС "Венера-1". АМС пройшла на відстані у 100 тис. км від планети і передала на Землю результати дослідження космічного простору по трасі її польоту.

1 листопада 1962 р., під час наступного "вікна запуску" до Венери і Марса (серпень — листопад 1962 р.), СРСР запустив перший КА у напрямку до Марса. Радіозв'язок з АМС "Марс-1" підтримувався до відстані у 106 млн км. Американський "Mariner-2", запущений 27 серпня 1962 р., став першим КА, який досяг околиці іншої планети Сонячної системи. 14 грудня 1962 р. КА "Mariner-2" пролетів на відстані 35 тис. км від Венери і передав на Землю перші відомості про температуру її поверхні та склад атмосфери, а також про відсутність у неї магнітного поля і радіаційних поясів.



КА "Mariner-2",
який в 1962 р.
став першою штучною планетою
Сонячної системи

14 липня 1965 р. американська АМС "Mariner-4" вперше досягла орбіти планети Марс, найближча відстань АМС до планети складала 9600 км. КА не виявив магнітного поля і радіаційних поясів у Марса, а радіосигнали, які були послані КА під час "радіотіні", дозволили визначити параметри розповсюдження радіохвиль в іоносфері планети та профіль густини її атмосфери. АМС передала 21 зображення поверхні південної півкулі Марса. Через дві доби радянський апарат "Зонд-2" пролетів на відстані 1500 км від Марса.

Польоти перших АМС до Венери і Марса дозволили дослідити умови міжпланетного простору та околиць планет, і що не менш важливо, модифікувати конструкції КА для здійснення майбутніх посадок на планети, відрізняючи засоби підтримки наддалекого радіозв'язку і методи керування довготривалим польотом. Наприклад, для керування системою безперервної орієнтації сонячних батарей на Сонце на АМС "Зонд-2" було випробувано плазмові двигуни, а її радіокомплекс для передачі наукових даних наземним станціям був досконалішим у порівнянні з аналогічними комплексами, які використовувалися на перших ШСЗ і АМС серії "Луна".

В 1964 р. сім країн Західної Європи створили Європейську організацію з розвитку запуску ракет (ЄЛДО) і почали роботу над європейською ракетою-носієм "Europe". Всі спроби запуску модифікованих варіантів цієї ракети, які здійснювалися до кінця 1960-х років, були невдалими. До речі, тут не обійшлося без курйозів. Під час першої спроби об'єднати окремі ступені ракети "Europe-1", виготовлені англійськими, французькими та німецькими спеціалістами, з'ясувалося, що різні фахівці використовували різні системи мір (!) при розробці своїх ступенів ракети.

Незалежно від цієї програми, 26 листопада 1965 р. Франція здійснила перший успішний запуск свого ШСЗ A-1 і стала третьою космічною державою світу.



Олексій Леонов –
перший
льотчик-космонавт,
який 18 березня 1965 р.
вийшов у відкритий космос

Минуло більше року після завершення в 1963 р. радянської і американської програм пілотованих КК серії "Восток" і "Mercury", перш ніж людина знову здійснила політ у космос.

12 жовтня 1964 р. на тримісному КК "Восход" (вага – 5320 кг) відбулася перша космічна експедиція (В. Комаров, К. Феоктистов, Б. Єгоров), яка відкрила серію орбітальних польотів радянських багатомісних кораблів. Космонавти пробули у космосі добу (24 год 17 хв) і облетіли Землю 16 разів. Важливим було те, що космонавти мали різні професії: В. Комаров, командир корабля; К. Феоктистов, конструктор космічних кораблів за фахом, зміг перевірити технічні характеристики КК безпосередньо в польоті, а Б. Єгоров, лікар, – виконати медичне обстеження екіпажу *in situ*. Космонавти вперше здійснували політ без скафандрів та без системи катапультування.

Принципово новий крок на шляху освоєння космосу було здійснено 18 березня 1965 р., коли під час польоту П. Бєляєва і О. Леонова на КК "Восход-2" космонавт Олексій Леонов у скафандрі з автономною системою життезабезпечення вийшов у відкритий космічний простір. О. Леонов з'єднувався з кабіною КК лише телеметричним і телефонним кабелями. Він перебував у відкритому космосі протягом 23 хв 41 с, віддаляючись від корабля на відстань у повну довжину фалу (5,35 м). Під час повернення екіпажу на Землю виникла нештатна ситуація в автоматичній системі керування орієнтацією КК, тому було здійснено ще один, 18-й оберт навколо Землі, після чого космонавти в режимі ручного керування приземлилися біля м. Перм, РРФСР. Політ тривав 26 год 2 хв.

КК "Восход" був модифікованим варіантом КК "Восток". Зміни стосувалися внутрішньої будови кабіні корабля для установки трьох крісел космонавтів, а також була покращена герметичність КК, що дозволяло космонавтам працювати без скафандрів. КК складався з двох відсіків – гермокабіни, де розміщався екіпаж, системи життезабезпечення, засоби контролю роботи бортових систем, телевізійні камери, і приладного відсіку. КК "Восход-2" був дообладнаний спеціальним шлюзовим відсіком і приладами для виходу космонавта у відкритий космос. Панель керування шлюзовим відсіком дублювалася і в кабіні КК, і у шлюзовому відсіку для того, щоб у випадку аварійної ситуації космонавт міг повернутися в КК.

Експеримент з виходу космонавта у відкритий космос, безперечно, відкрив нові перспективи в освоєнні людиною космічного простору: стало можливим проводити наукові і технічні роботи у відкритому космосі з активною участю екіпажу КК.

Цього ж року США розпочали програму пілотованих польотів на багатомісних КК серії "Gemini", які виводилися на орбіту за допомогою РН "Titan-2". Головною метою програми було відпрацювання методів маневрування та стикування КК на орбіті, проведення тривалих операцій у космосі (до двох тижнів) та наукових і медичних експериментів, виходи астронавтів у відкритий космос. Після двох запусків автоматичних КК, 23 березня 1965 р. астронавти В. Гріссом і Дж. Янг випробували КК "Gemini-3" у пілотованому режимі і вперше виконали маневрування КК у космосі та зміну площини його орбіти. Політ тривав 4 год 53 хв.

Перший американський двомісний КК "Gemini" складався з двох відсіків — герметичної капсули (спускового апарату) і негерметичного відсіку. Він мав форму зрізаного конуса. Передня частина капсули мала циліндричну форму, що забезпечувало стикування з іншим кораблем. У герметичному відсіку, крім кабіни космонавтів, знаходилися гальмувальні парашути та двигуни орієнтації капсули, а на тепло-захисному екрані кріпилися чотири твердоліпливні двигуни (як і в КК "Mercury"). Атмосфера КК (тиск 0,36 atm) складалася з чистого кисню. На відміну від системи аварійного рятування КК серії "Mercury", тут були передбачені катапультні крісла. Експериментальне обладнання, системи енергозабезпечення і виробництва питної води, кисневі балони та двигуни орієнтації знаходилися в негерметичному відсіку. Маса КК залежала від часу його перебування на орбіті: типовий КК "Gemini-12" мав масу 3760 кг.

З червня 1965 р. відбувся історичний політ КК "Gemini-4" з астронавтами Дж. Макдивіттом і Е. Уайтом на борту, під час якого астронавт Едвард Уайт виконав прямий вихід з КК у відкритий космос, рухаючись поза КК за допомогою ручного реактивного пістолета, який працював на стисненому газі. Астронавти здійснили 62 оберти навколо Землі і перебували у космосі 97 год 56 хв, з яких 21 хв Е. Уайт знаходо-

дився поза КК. Під час польоту було одержано багато фотографій Землі для потреб метеорології та геології. 21 серпня 1965 р. стартував КК "Gemini-5" з астронавтами Г. Купером і Ч. Конрадом. Вперше енергозабезпечення КК здійснювалося від паливних елементів, а в польоті перевірялася система зближення КК з експериментальним контейнером, який відокремлювався від негерметичного відсіку КК і використовувався як стикувальна мішень. Ця перша спроба складного маневрування на орбіті не вдалася, оскільки виникли пошкодження в паливних елементах. Незалежно від цього, астронавти встановили новий рекорд перебування на орбіті (майже 8 діб, 120 обертів навколо Землі), виконавши візуальні спостереження Землі та серію медичних експериментів з вивчення впливу невагомості на фізологію людини. Для реалізації другої спроби стикування на орбіті НАСА передбачало використати переобладнаний ракетний ступінь "Agena", який 25 жовтня 1965 р. під час запуску КК "Gemini-6" вже повинен був знаходитися на орбіті. Через відмову двигунів "Agena" не досягла орбіти, і запуск КК було відмінено. Тому в наступному польоті НАСА вирішило використати безпосередньо КК "Gemini-7" для стикування з КК "Gemini-6". Для виконання цього експерименту 4 грудня 1965 р. був запущений КК "Gemini-7" з астронавтами Ф. Борманом і Дж. Ловелом, а 15 грудня — КК "Gemini-6" з астронавтами У. Ширрою і Т. Страффордом. Після виходу на орбіту відстань між кораблями складала 2000 км, а під час виконання стикувального маневру — 0,3 м. Хоча космічні кораблі і не стикувалися, цей перший вдалий експеримент з маневрування на орбіті і медичні експерименти з впливу довготривалого перебування астронавтів у космосі, які провів екіпаж КК "Gemini-7" (330 год 35 хв, 206 обертів навколо Землі), як зараз вважається, став стрижневим у програмі з підготовки пілотованого польоту людини на Місяць. Було продемонстровано, що тренований екіпаж здатний успішно перенести стан невагомості протягом двох тижнів — часу, необхідного для польоту на Місяць.

16 березня 1966 р. астронавти Н. Армстронг і Д. Скотт виконали перше стикування у космосі, коли їхній КК "Gemini-8" наблизився до стикувальної безпілотної мішенні — ракетного ступеня "Agena", яка була запущена на орбіту за 101 хв до моменту стикування. При цьому не обійшлося без хвилювань, оскільки два зістикованих кораблі втратили рівновагу. Н. Армстронгу вдалося відстикувати "Agena" і стабілізувати КК в режимі ручного керування. Політ тривав 10 год 41 хв. Наступна спроба стикування американських КК, яка була запланована на 3 червня 1966 р., не відбулася. Спочатку була загубле-



Експеримент зі стикування КК "Gemini-9" зі ступенем "Atlas Agena" (безпосередньо на знімку).

на на орбіті стикувальна мішень "Agena", яку запустили за два тижні до цього польоту. А потім, під час зближення з другим стикувальним апаратом, який терміново було запущено 1 червня, відмовив стикувальний пристрій КК "Gemini-9". Це не завадило астронавтам Т. Страффорду і Ю. Сернану відпрацювати польотно-технічні прийоми, які були необхідні для "місячної" програми, а Ю. Сернану здійснити третій вихід людини у відкритий космос. Перебуваючи поза КК протягом 128 хв, він повинен був випробувати автономний блок маневрування, який знаходився в негерметичному відсіку КК. Астронавту не вдалося відокремити цей блок від відсіку, тому експеримент було припинено. КК виконав 45 обертів навколо Землі, а астронавти пробули у космосі 72 год 21 хв. Більш складний маневрувальний експеримент виконав екіпаж КК "Gemini-10" у складі Дж. Янг і М. Коллінз, а саме стикування з ракетним ступенем "Agena" і вімкнення її двигуна для здійснення маневрів зі зміною апогею орбіти космічних апаратів для подальшого зближення з ракетним ступенем "Agena-8", який залишався на орбіті з часу польоту КК "Gemini-8". Стикування з "Agena" тривало 39 год. Під час виходу у відкритий космос і маневрування за допомогою реактивного пістолета, астронавт М. Коллінз наблизився до ракетного ступеня "Agena-8" і зняв з неї зразки, на яких експонувалися удари метеоритів за два місяця перебування цього ступеня у навколоземному просторі. Польот КК "Gemini-10" тривав 70 год 46 хв. Для відпрацювання стикування

Один із перших телевізійних
знямків Місяця,
отриманий в 1964 р.
КА "Ranger-7"



КК з ракетним ступенем, вже на його першому оберті навколо Землі НАСА запустило КК "Gemini-11" з астронавтами Ч. Конрадом і Р. Гордоном. Під час виходу у відкритий космос, Ч. Конраду вдалося з'єднати нейлоновою стрічкою КК з ракетним ступенем і виконати експеримент зі стабілізації КК за рахунок часткової закрутки цієї системи відносно спільнотого центра тяжіння. Астронавти також виконали фотографію Землі і зірок. Польот тривав 71 год 17 хв. Польот КК "Gemini-12" відбувся 11 листопада 1966 р. Під час польоту тривалістю 94 год 34 хв астронавти Дж. Ловелл і Е. Олдрін виконали останні заплановані експерименти з маневрування КК, а Е. Олдрін здійснив три виходи у відкритий космос для проведення операцій зі стикування з ракетним ступенем "Agena". При цьому вперше робоча панель негерметичного відсіку була обладнана фіксаторами для утримання астронавта під час його роботи у відкритому космосі.

Десять пілотованих польотів за програмою "Gemini" дозволили НАСА набути того величезного досвіду, який був необхідний для виконання програми "Apollo" — польоту людини на Місяць.

На жаль, перші роки освоєння людиною космічного простору були позначені й гіркими людськими втратами. 27 січня 1967 р. астронавти В. Гріссом, Е. Уайт і Р. Каффі згоріли в капсулі "Apollo-1" на стартовому майданчику мису Канаверал. 24 квітня 1967 р. радянський космонавт В. Комаров, який 23 квітня успішно провів випробування нового КК "Союз-1", загинув під час повернення на Землю. 27 березня 1968 р. під час виконання тренувального авіапольоту трагічно загинув перший космонавт Землі — Юрій Гагарін.

Катастрофи випробувальних КК нових серій "Apollo" та "Союз" змусили спеціалістів СРСР та США переглянути системи життезабезпечення космонавтів і внести зміни до графіка пілотованих польотів.

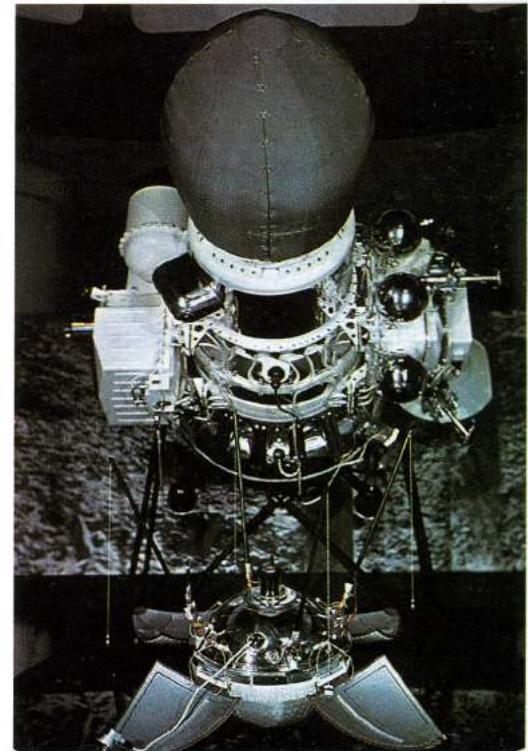
Згідно з програмою дослідження Місяця Радянський Союз в 1963—1965 рр. здійснив п'ять запусків КА серії "Луна" і один запуск КА "Зонд-3". Останній сфотографував ту частину зворотного боку Місяця, яка залишалася невідвізнятою АМС "Луна-3", завершивши таким чином зйомку всієї місячної поверхні. Головною метою цих п'яти запусків КА серії "Луна" було отримання експериментальних даних про роботу всіх систем станцій в умовах польоту, зокрема систем астроорієнтації і корекції траєкторії, а також відпрацювання системи м'якої посадки у заданому районі місячної поверхні. Програма набула успіху, коли 3 лютого 1966 р. автоматична місячна

станція "Луна-9" вперше здійснила м'яку посадку на поверхню Місяця і почала передавати на Землю панорамні знімки місячного ландшафту. Було також досліджено фізико-механічний стан ґрунту (відмітило, що прямі вимірювання прозорості місячного довкілля були виконані за допомогою фотометра розробки КРАО), що розвіяло міф про "місячний пил", витоки про який сягають ще часів Галілея. 3 квітня 1966 р. КА "Луна-10" успішно вийшов на сelenоцентричну орбіту і став першим штучним супутником Місяця. Зв'язок зі станцією підтримувався до 30 травня 1966 р. За цей час "Луна-10" здійснила близько 460 обертів навколо Місяця, досліджуючи навколо місячний простір (властивості плазми, концентрацію метеорних часток, теплове випромінювання) та виконуючи магнітометричну зйомку місячної поверхні. У травні 1966 р. американський КА нової серії "Surveyor-1" з першої ж спроби успішно "приземлився" на Місяць. Цього ж року КА "Луна-11" і "Луна-12" продовжили наукові дослідження навколо місячного простору (гравітаційного поля, гамма- і рентгенівського випромінювання місячної поверхні, радіоастрономічні спостереження у недоступних із Землі діапазонах довжин хвиль), а АМС "Луна-13" здійснила ще одну м'яку посадку на поверхню Місяця. Будучи досконалішою за АМС "Луна-10", ця станція мала механізми виносу приладів (штамп-ґрунтоміру і радіаційного густиноміру) на відстань до півтора метра і дозволила розрізняти деталі поверхні розміром до 2 мм. Протягом 1966–1967 рр. п'ять американських КА серії "Lunar Orbiter" вивчали поверхню Місяця, щоб дослідити можливі місця майбутньої посадки КК, а чотири КА серії "Surveyor" виконали м'яку посадку на поверхню Місяця. Аналіз місячного ґрунту підтверджив дані КА "Луна-9" про те, що на Місяці є тверді базальтові скельні породи, які утворилися з магми, виверженої з його надр. Восени 1968 р. радянські КА "Зонд-5" і "Зонд-6", після обльоту навколо Місяця, вперше повернулися на Землю та приводнилися в Індійському океані.

12 червня 1967 р. запуском АМС "Венера-4" (вага 1106 кг) започатковано "вахтові" дослідження Венери. Перший біляпланетний сеанс зв'язку з АМС відбувся, коли апарат знаходився на відстані 45000 км від Венери, і закінчився у момент входу АМС в атмосферу. Після цього від станції відокремився спускний апарат діаметром 1 м і вагою 383 кг з науковою апаратурою. Починаючи з висоти 26 км над поверхнею, протягом 93 хв апарат передавав дані вимірювань венеріанської атмосфери, а потім вперше в світі здійснив м'яку посадку на поверхню іншої планети Сонячної системи.

Радянський Союз, відмовившись через низку причин від змагання з США у підготовці власної програми польоту людини на Місяць, зосередив увагу на створенні орбітальних космічних станцій і виконав ряд експериментів з маневрування та стикування КК на орбіті. У жовтні 1967 р. радянські КА "Космос-186" і "Космос-188" здійснили перше безпілотне стикування КА в космосі. Тільки через півтора року після трагічного пробного польоту КК "Союз-1", космонавт В. Береговий 25 жовтня 1968 р. здійснив успішний політ на КК "Союз-2". Програмою експериментів було передбачено повний комплекс випробувань систем нового КК, геофізичні, астрономічні та медико-біологічні дослідження. У двоедному спільному польоті двох кораблів (26 жовтня стартував безпілотний КК "Союз-3") відпрацьовувалися різні схеми маневрування на орбіті, автоматичне зближення кораблів до відстані 200 м та зближення КК до кількох метрів у ручному режимі.

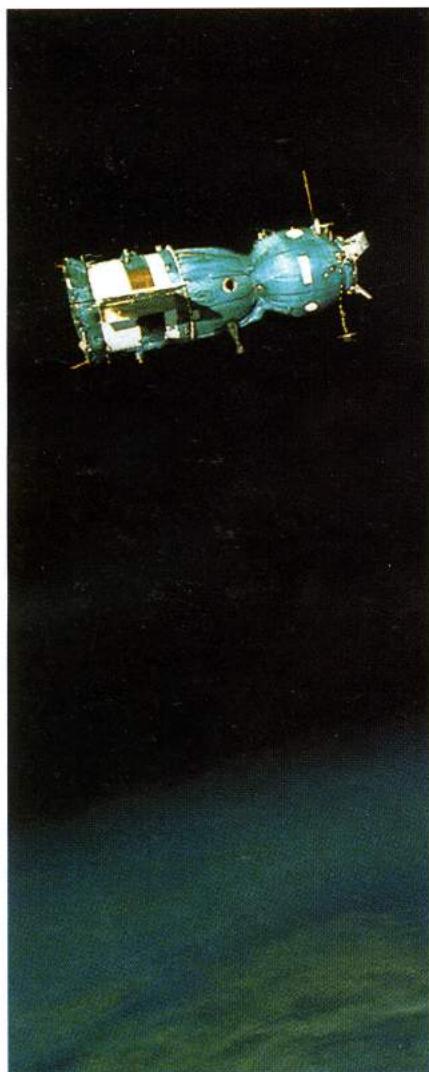
АМС "Луна-9", яка вперше здійснила м'яку посадку на місячу поверхню у лютому 1966 р.



Створення багатомісних КК серії "Союз" знаменувало новий етап розвитку пілотованих польотів — перехід до планового систематичного дослідження космічного простору: створення навколоземних орбітальних комплексів і забезпечення їхнього обслуговування, вивчення впливу довготривалого перебування людини у космосі, дослідження Землі та проведення різноманітних науково-технічних експериментів. Типовий КК "Союз" мав такі характеристики: вага — 7 тонн, довжина — 7,5 м, максимальний діаметр — 2,72 м, діаметр і об'єм житлових відсіків — 2,2 м і 10 м³ відповідно. Він складався з трьох головних частин: кабіни космонавтів (спускний апарат), орбітальний та приладно-агрегатний відсіки. Екіпаж розміщався у спускному апараті під час виходу на орбіту, польоту і спуску на Землю. Апарат був захищений від високих температур під час руху в атмосфері, обладнаний ілюмінаторами для візуальних

спостережень і кінофотозйомок, а на корпусі розташовувалися мікродвигуни системи керування спуском і двигуни м'якої посадки. Аеродинамічна форма апарату дозволяла здійснювати автоматичний керований спуск на Землю. Всередині спускного апарата знаходилися крісла космонавтів, пульт керування КК, системи життєзабезпечення та радіозв'язку. Орбітальний відсік використовувався для проведення наукових досліджень і відпочинку космонавтів і був з'єднаний з кабіною космонавтів люком, який герметично закривався кришкою. Двигунна установка, яка складалася з 22 двигунів малої тяги, апаратура систем орієнтації і керування КК, енергоживлення корабля та теплообмінники знаходилися в приладно-агрегатному відсіку. Двигунна установка забезпечувала розвороти КК навколо центра мас, поступове переміщення, причалювання, зміну орбіти, гальмування корабля при поверненні на Землю. На КК підтримувалася азотно-киснева атмосфера, яка за складом і тиском була наблизена до земної, в орбітальному і спускному апараті знаходилися пристрії регенерації повітря. Були значно покращені сканери космонавтів, які використовувалися на ділянках старта і спуску корабля, а також під час стикувальних маневрів. Для проведення останніх на орбітальному відсіку встановлювався стикувальний вузол — активний чи пасивний, в залежності від функції КК при маневруванні. На етапі зближення, причалювання і стикування один із КК виконував маневрування, в той час як інший "слідкував" за цими діями, орієнтуючи свій стикувальний вузол на зустріч з активним апаратом. Зближення до кількох сотень метрів проходило в автоматичному режимі в умовах постійного радіозв'язку між КК. Етапом причалювання кораблів керував космонавт (при цьому передбачалося і повністю автоматичне стикування). Запуски КК "Союз" здійснювалися трохступеневою РН, загальна довжина якої разом з КК "Союз" складала 50 м, а стартова вага — більше 300 тонн.

Здійснюючи програму дослідження Місяця і посадки астронавтів на його поверхню, США 21 серпня 1961 р. за допомогою РН "Atlas-Agena" вивели на селеноцентричну орбіту перший з майбутніх дев'яти КА серії "Ranger", головною метою яких було більш детальне картографування місячної поверхні. Найпліднішими стали місії КА "Ranger-7, 8, 9" 1964—1965 рр. Зокрема, 1964 р. КА "Ranger-7" передав перші телевізійні зображення поверхні Місяця: 30 серпня під час падіння з висоти 1800 км в Море Пізнання протягом 15 хв супутник виконав близько 4300 знімків, останній з яких було отримано з відстані менше 1 км від поверхні.



Модифікований
КК серії "Союз"

Пілотовані польоти за програмою "Gemini" дозволили відпрацювати маневри, які були необхідні для здійснення зустрічі КК на обраній сelenоцентричній орбіті. При виборі способу доставки людини на Місяць спеціалісти НАСА зупинилися на схемі, запропонованої Дж. Хуболтом, а фактично — на схемі, яку ще в 1922–1925 р. описав видатний український вчений Юрій Кондратюк (О. Шаргей). Його книжку "Завоювання міжпланетного простору" (1929 р.), де було описано найекономічніший шлях доставки людини на Місяць з використанням проміжної орбіти для розстикування і стикування орбітального і спускового апаратів (пізніше названа "трасою Кондратюка"), американці знайшли в бібліотеці Конгресу США. За схемою Дж. Хуболта передбачалося, що на навколо-

земній орбіті ніяких маневрувань не відбудеться, і КК буде зразу виведений на сelenоцентричну орбіту. В той час, як один із астронавтів буде залишатися в головному блокі КК, здійснюючи політ навколо Місяця, два інших астронавти досягнуть його поверхні в спеціальній "місячній кабіні". Потім, використовуючи злітний ступінь місячної кабіни, астронавти повернуться на сelenоцентричну орбіту і зістикуються з головним блоком КК. Для запуску КК масою близько 50 тонн на Місяць НАСА зупинилося на РН "Saturn-5". Розробкою цих РН (РН "Юнона-1" для першого американського супутника "Explorer-1" і РН "Redstone" для перших двох КК серії "Mercury") керував видатний конструктор В. фон Браун.

Типовий КК місячної серії "Apollo" складався з двох відсіків: кабіни космонавтів, яка мала конічну форму, і двигунного відсіку циліндричної форми, де знаходилися головний двигун, паливні елементи, системи терморегулювання тощо. Рівномірно вздовж периметра двигунного відсіку були розміщені 16 додаткових двигунів, які керувались системою орієнтації і стабілізації КК. Місячний варіант КК мав довжину 10,4 м і масу 30,4 тонни. Двигунний відсік, який після місячної експедиції відстиковувався при вході в земну атмосферу, мав довжину 7,4 м, діаметр — 3,9 м. Щоб забезпечити стикування з місячною кабіною, кабіна астронавтів мала лаз у стикувальному пристрої і штир на вершині конуса. Атмосфера КК була кисневою під тиском 0,35 атм.

Перші варіанти конструкції місячної кабіни було розроблено 1962 р., — кабіна мала вигляд "експкурсійної місячної кабіни", запропонованої Британським міжпланетним товариством ще 1933 р. Протягом 1962–1969 рр. її конструкція зазнавала кількох змін, і в кінцевому варіанті мала такі розміри: висота кабіни з висунутими чотирма опорами — 6,98 м, розмах між опорами шасі — 9,4 м. Фактично місячна кабіна була окремим двоступеневим космічним кораблем. Оскільки її планувалося використовувати у безпівітряному просторі, то вона не мала аеродинамічної конфігурації. Кабіна пристикувалася до головного блоку КК таким чином, щоб сопло двигуна її посадкового ступеня було спрямовано вперед по польоту КК. Цей двигун виконував також страхувальну функцію у випадку відмови роботи маршевого двигуна КК "Apollo". Тягу двигуна можна було регулювати в межах 4600–44900 Н. Було передбачено, щоб стійки шасі місячної кабіни складалися під час польоту, а під час посадки на Місяць розгорталися за допомогою піротехнічних і пружинних пристрій. Одна із стійок мала сходинки для спуску на місячну поверхню. Для утримання кабіни на місячній поверхні кожна стійка шасі мала опору у вигляді тарілки діаметром 95 см, а на трьох опорах знаходилися щупи довжиною 1,7 м для реєстрації контакту з поверхнею Місяця. Посадковий ступінь виконував також роль платформи для запуску злітного ступеня. Злітний ступінь складався з

Старт РН "Saturn-5" з КК "Apollo-17"

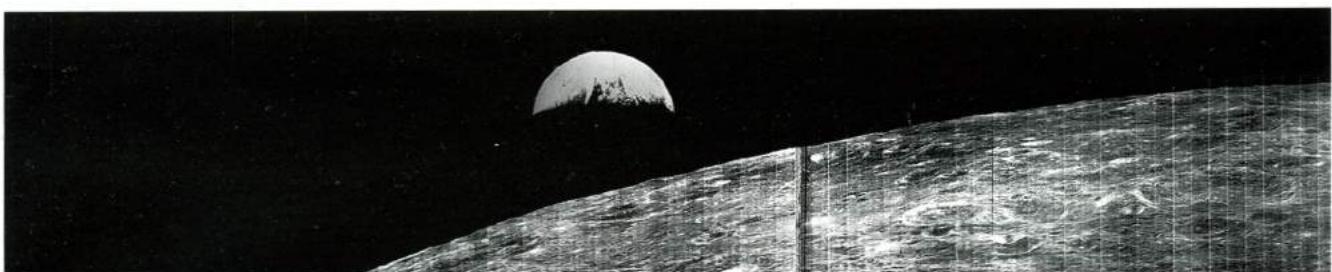


герметичної кабіни, розрахованої на двох астронавтів, двигуна та систем керування і навігації. Замість крісел астронавтів для економії місця було використано підвісні системи. Висадка астронавтів на місячну поверхню передбачалася такою: з КК вони попадали в герметичний відсік місячної кабіни через спеціальний лаз; на поверхні Місяця після розгерметизації кабіни вони відкривали люк, спускалися сходинками посадкового ступеня і зіскакували на місячну поверхню; після закінчення робіт астронавти поверталися у злітний ступінь, забираючи за допомогою спеціального троса зразки місячного ґрунту, закривали вхідний люк, відновлювали тиск у кабіні і стартивали з посадкового ступеня назустріч головному блоку КК для стикування на сelenоцентрічній орбіті.

Перший пілотований орбітальний політ КК "Apollo" планувалося виконати 1967 р., але через трагедію, яка сталася 27 січня на стартовому майданчику, програму відклали. 9 листопада 1967 р. було здійснено запуск трьохступеневого РН "Saturn-5" з КК "Apollo-4" масою 20,4 тонн. Останній ступінь підняв КК на орбіту висотою 17210 км, після чого КК "Apollo-4" відокремився від ступеня і перейшов на орбіту висотою 18072 км, а потім розпочав спуск, моделюючи умови повернення КК після місячної експедиції. 11 жовтня 1968 р. НАСА здійснило перший пілотований політ КК "Apollo-7" з астронавтами У. Ширроу, Д. Ейзелом і У. Каннінгеном на борту.

Політ тривав 11 діб. Під час наступного польоту, 21 грудня 1968 р., НАСА вирішило відправити КК на Місяць. 24 грудня після успішного подолання радіаційних поясів Землі, американські астронавти Ф. Борман, Дж. Ловелл і У. Андерс на КК "Apollo-8" уперше вийшли на навколоісячну орбіту висотою 111 км. Екіпаж здійснив 10 обертів навколо Місяця і повернувся на Землю. На висоті 16664 км від Землі спускний відсік відокремився від двигунного відсіку і увійшов у щільні шари атмосфери зі швидкістю 39010 км/год. 27 грудня після 147 год польоту екіпаж приводнився в Тихому океані. Наступного року, з 3 по 13 березня, астронавти Дж. Мак-Дівітт, Д. Скотт і Р. Швейкарт на КК "Apollo-9" провели випробування місячної кабіни на земній орбіті. Під час наступного польоту, який відбувався з 18 по 26 травня 1969 р., КК "Apollo-10" доставив місячну кабіну на сelenoцентрічну орбіту для імітації маневрів і вибору місця майбутньої посадки. 22 травня астронавти Т. Страффорд і Ю. Сернан у місячній кабіні наблизилися на відстань у 15 км до поверхні Місяця, а астронавт Дж. Янг здійснив орбітальний політ на КК навколо Місяця. Після стикування злітного ступеня з головним блоком КК астронавти повернулися на Землю.

Після завершення польоту КК "Apollo-10" НАСА оголосило, що не пізніше липня 1969 р. спробує здійснити посадку людини на Місяць.



Перший якісний знімок Землі, виконаний КА "Lunar Orbiter-1" в 1966 р. з відстані 380 тис. км.

Лінія сходу Сонця проходить через Одесу, Стамбул і Кейптаун.

В центральній частині знімка – кратер Пастер (східний зворотний бік Місяця)

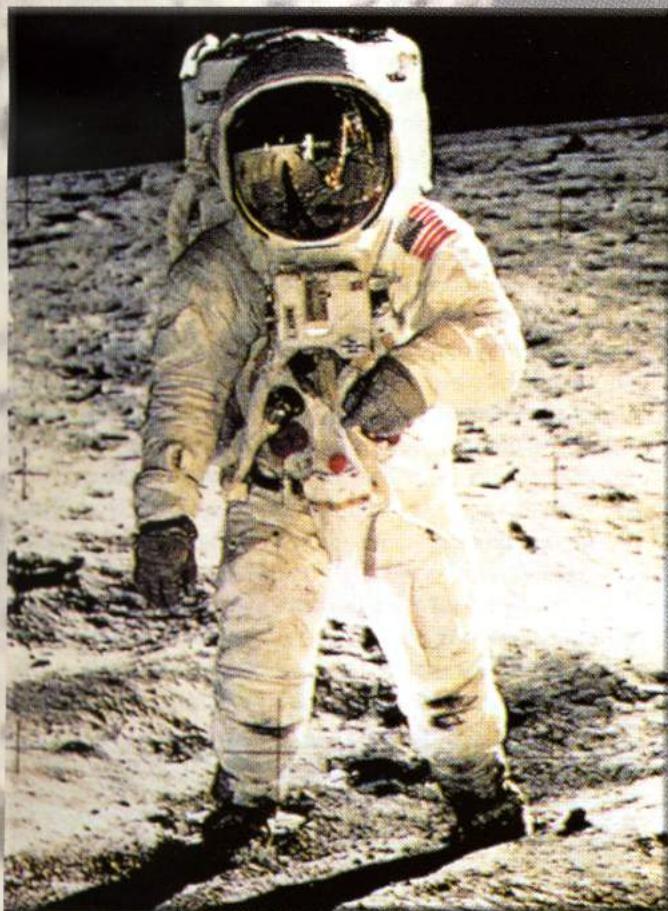
Людина вперше ступила на поверхню Місяця

Перші орбітальні станції

Революція в астрономії

Нові космічні держави

1969 – 1977



Знаходячись на поверхні Місяця,
ми не відчували ніяких запахів ні в скафандрах,
ні в гермошлемах.

Повернувшись до місячної кабіни і знявши шлеми,
ми одразу ж відчули певний запах,
дошкільній як запах пороху.

Ми занесли в кабіну багато місячного пилу.

Місяць є дуже зручним

і досить приємним місцем роботи.

У невагомості існує багато переваг,
оскільки кожний рух там
потребує мінімальних зусиль.

Під час роботи ні Нейл, ні я не відчували втоми,
нам не хотілося зупинятися чи відпочивати.

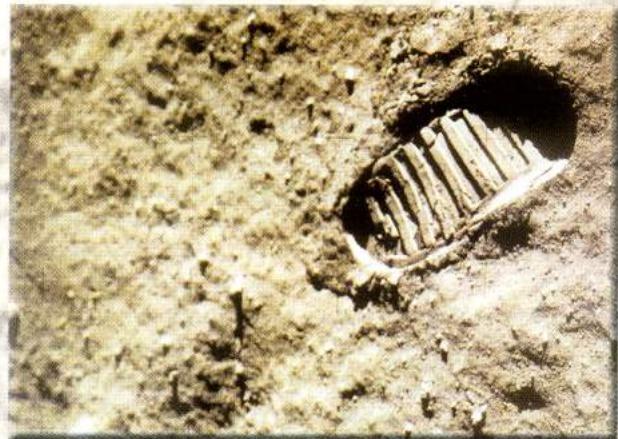
Технічно найбільш важким для мене було збирання
проб місячного ґрунту,
оскільки треба було заглибити трубки і
пробозабірники у ґрунт.

Але місячний м'який порошкоподібний ґрунт
характеризується достатнім опором
вже на глибині декілька дюймів.

Едін Олдрін

Е. Олдрін на поверхні Місяця.
Знімок виконано Н. Армстронгом

Перший слід людини на поверхні Місяця



Небо з місячної кабіни здавалося чорним,
але ззовні Місяць був освітлений Сонцем,

і його поверхня здавалася брунатною...

Коли ходиш по Місяцю, то не треба докладати
особливих зусиль.

Разом з тим поверхневий прошарок дещо заважав
вільний ходьбі – ковзали ноги.

Зупинитися при цьому зразу було неможливо, — тільки
після 1-2 кроків, а ґрунт видаетися м'яким, сліди
заглибаються менше ніж на сантиметр. Частки ґрунту
невеликі і легко прилипають до скафандра і взуття.

Нейл Армстронг

20 липня 1969 р. о 20 год 17 хв 43 с за всесвітнім часом американські астронавти М. Коллінз, Н. Армстронг та Е. Олдрін здійснили успішну посадку місячної кабіни КК "Apollo-11" на поверхню Місяця у південно-західній частині Моря Спокою. Як сказав Н. Армстронг, перед тим як ступити на Місяць: "Це невеликий крок для людини, але величезний стрибок для людства". Астронавти Нейл Армстронг та Едвін Олдрін стали першими людьми, що залишили свій слід на іншому небесному тілі Сонячної системи. Під час місячної експедиції вони встановили прапор США, спеціальний світловідбивач для лазерної локації Місяця, прилади для сейсмічних та геофізичних експериментів, зробили багато фотознімків та зібрали 22 кг місячного ґрунту. Н. Армстронг провів на місячній поверхні 2 год 31 хв, а довжина доріг, які пішки подолав перший екіпаж, склала 100 м (під час останньої місячної експедиції екіпаж "Apollo-17" пробув на її поверхні 22 год 5 хв і проїхав на місячному всюдиході майже 35 км). 22 липня 1969 р. Н. Армстронг, Б. Олдрін приєдналися до М. Коллінза, який весь цей час перебував у головному блоці КК на сelenоцентрічній орбіті, і 24 липня повернулися на Землю.

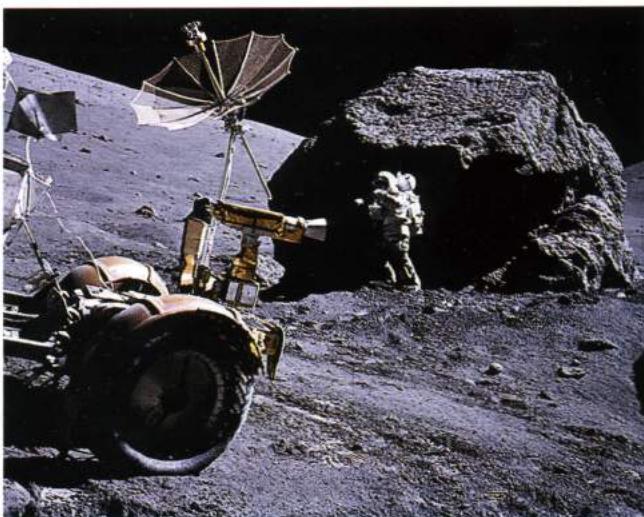
14–24 листопада 1969 р. відбулася друга експедиція на Місяць. 18 листопада астронавти КК "Apollo-12" Ч. Конрад і А. Бін здійснили посадку в районі Океану Бур, а Р. Гордон залишився в головному блоці КК. Під час першого виходу на місячну поверхню астронавти розгорнули спеціальний комплект приладів (ALSEP): детектори часток сонячного вітру і газу, місячні сейсмометри і магнітометри. Більша частина цього обладнання продовжувала працювати і після відльоту екіпажу. Під час другого виходу астронавти відвідали АМС "Surveyor-3", яка знаходилася на відстані 183 м від місця посадки місячної кабіни. Астронавти зняли телевізійну камеру і деякі деталі з АМС, яка перебувала на Місяці з квітня 1967 р. За час експедиції (близько 8 год) вони зібрали 34 кг зразків місячного ґрунту, а також вперше спостерігали унікальне явище – повне затемнення Сонця Землею.

Експедиція "Apollo-13", яка стартувала 11 квітня 1970 р. для посадки в район кратера Фра Мауро, виявилася невдалою. Через два дні польоту внаслідок вибуху кисневого баку для паливних елементів і системи життєзабезпечення космонавтів стало очевидним, що висадка на Місяць не відбудеться. Для порятунку екіпажу – астронавтів Дж. Ловелла, Дж. Суїджерта та Ф. Хейса, НАСА вирішило відкоректувати траєкторію польоту, скористатися резервним запасом кисню місячної кабіни, облетіти Місяць і повернутися на Землю. Це була єдина можлива дорога додому – інша

траєкторія призвела б до загибелі астронавтів.

31 січня – 9 лютого 1971 р. відбулася експедиція КК "Apollo-14". Астронавти А. Шепард і Е. Мітчелл здійснили посадку в районі кратера Фра Мауро, а С. Руса чекав їх в головному блоці корабля. Перебуваючи на поверхні Місяця близько 9 год, астронавти встановили оновлений комплект обладнання ALSEP та відбивач лазерного випромінювання. З місця посадки відбувся телерепортаж, і глядачі на Землі могли спостерігати, як А. Шепард "грав у гольф" на Місяці. Вперше для перевезення місячних зразків по поверхні (а астронавти зібрали близько 45 кг місячної породи) було використано спеціальний двоколісний візок.

Більш насиченою, ніж попередні три місії, виявилася програма досліджень Місяця, яку виконала експедиція КК "Apollo-15" (26 липня – 7 серпня 1971 р.). По-перше, астронавти використали для перевезування чотирьохколісний автомобіль з електричним двигуном. Зокрема, астронавти Д. Скотт та Дж. Ірвін проїхали на цьому місяцеході майже 10 км, встановивши наукову апаратуру і ще один відбивач лазерного випромінювання, який замкнув трикутник із таких відбивачів, розташованих у різних точках поверхні Місяця. А це, в свою чергу, дозволило астрономам точно визначити відстань між Землею і Місяцем за вимірюваннями часу проходження лазерного променя, випущеного з Землі і відбитого на Місяці. Такі вимірювання дозволяють вивчати важливу фундаментальну проблему: динаміку системи "Земля – Місяць". Крім того, астронавти зібрали близько 79 кг зразків місячного ґрунту і спустилися у глибоку ущелину (борозну Гадлея поруч із гірським масивом Апенніні) біля місця посадки місячної кабіни. Але



"Apollo-17" – остання експедиція на Місяць (11 грудня 1972 р.).
Астронавт Г. Шмітт та його місячний всюдиход

з'ясувалося, що без альпіністського спорядження важко дослідити крути схили ущелини. Загалом Д. Скотт та Дж. Ірвін провели поза місячною кабіною 18 год 36 хв. В цей час астронавт А. Уорден, який знаходився на сelenоцентричній орбіті, виконував панорамну зйомку місячної поверхні по траєкторії польоту та досліджував склад місячного ґрунту за допомогою бортових спектрометрів. На навколоімісячну орбіту був також виведений штучний супутник для вимірювання аномалій гравітаційного поля Місяця.

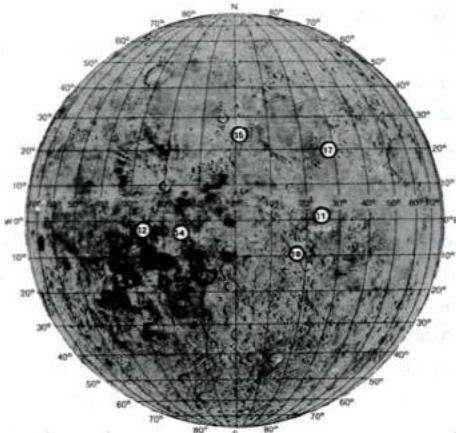
Експедиція КК "Apollo-16" (16 – 27 квітня 1972 р.) здійснила посадку місячної кабіни біля кратера Декарт. Поки астронавт Т. Маттінглі залишався в головному блоці КК на орбіті, астронавти Дж. Янг та Ч. Дюк тричі виходили на місячну поверхню, провели там 20 год 14 хв та зібрали 95,2 кг місячного ґрунту, у т. ч. із глибоких шарин за допомогою спеціальної бурової установки. Вони проїхали на місячесході близько 27 км. Дж. Янг знайшов на поверхні "скляну призму", яка, можливо, збереглася з часів, коли Місяць був гарячим небесним тілом. Астронавти встановили також камеру для астрономічних спостережень в УФ-діапазоні. Старт злітного ступеня місячної кабіни з поверхні Місяця вперше могли спостерігати телеглядачі на Землі.

Остання експедиція за місячною програмою відбулася 7 – 19 грудня 1972 р. На сelenоцентричній орбіті в головному блоці КК "Apollo-17" перебував Р. Еванс, а астронавти Ю. Сернан та Х. Шмітт здійснили посадку біля кратера Літтров в районі хребта Тавр. Місце посадки обрав Х. Шмітт, геолог за професією, оскільки вважав, що там можна знайти докази вулканічної активності Місяця. Серед іншого, він підібрав на поверхні скло жовтогарячого кольору, пізніший аналіз якого на Землі дозволив припустити, що на Місяці існувала вода або у вигляді льоду чи інею під поверхнею, або в гідратованих мінералах у звязаному стані. Астронавти провели поза місячною кабіною 22 год 5 хв, зібрали 110 кг зразків місячних порід, встановили наукову апаратуру (ALSEP) та два гравіметри, один для реєстрації гравітаційних хвиль, що розповсюджуються у Всесвіті, а другий – для вимірювань гравітаційного потенціалу Місяця.

Після цієї експедиції НАСА оголосило про завершення місячної програми "Apollo". Під час її виконання шість космічних кораблів з 12 землянами провели на Місяці близько 80 годин у різних місцях його поверхні. Місія "Apollo" мала величезний політичний та психологічний резонанс у світі. В той же час, зважаючи на обсяги її фінансування, подекуди наукова значимість результатів критично сприймалася в американській пресі. Незаперечним успіхом програми "Apollo" став сам факт можливості здійснення

подорожі людини на інше небесне тіло Сонячної системи. Серед інших висновків були такі. По-перше, Місяць виявився стерильним: на ньому не знайдено жодних форм життя (після польоту КК "Apollo-14" екіпажам навіть відмінили карантин). По-друге, надія на те, що після проведення експедицій остаточно вирішиться питання походження Місяця, не віправдалася. Проте порівняльний аналіз хімічного складу зразків місячного ґрунту, відібраних астронавтами, а також доставлених на Землю різними АМС, дозволив уточнити фізичні умови, які існували під час утворення Місяця, та пожавив дискусії щодо майбутнього використання його корисних копалин за умови, що на Місяці буде знайдена вода.

У відповідь на успіхи американської програми досліджень Місяця пілотованими кораблями СРСР зосередив ресурси на побудові навколоземних космічних станцій. З цією метою протягом 1969–1970 рр. на орбіті були виведені шість пілотованих КК серії "Союз". 16 січня 1969 р. під час польоту КК "Союз-4" (командир В. Шаталов) та "Союз-5" (командир Б. Волинов, космонавти О. Єлісеєв і Є. Хрунов) відбулося перше в історії космонавтики стикування пілотованих кораблів, а космонавти О. Єлісеєв і Є. Хрунов перейшли через відкритий космічний простір у КК "Союз-4". 11, 12 та 13 жовтня 1969 р. здійснено груповий політ КК "Союз-6" (космонавти Г. Шонін, В. Кубасов), "Союз-7" (космонавти О. Філіпченко, В. Волков) та "Союз-8" (космонавти В. Шаталов, О. Єлісеєв). Відпрацьовувалося ма-



Райони посадки експедицій "Apollo":
11 – Море Спокою, 12 – Океан Бур,
14 – біля кратера Фра Мауро,
15 – борозна Гадлея біля гірського масиву Апенніні,
16 – біля кратера Декарт, 17 – біля кратера Літтров

Перша орбітальна станція "Салют" складалася з трьох головних відсіків (перехідного, робочого та агрегатного), розміщених вздовж осі станції у напрямку від стикуванього вузла. Вони мали циліндричну форму різних діаметрів. На передньому кінці ОКС знаходився герметичний люк (лаз) та перехідний відсік, через який екіпаж після стикування попадав на станцію. Перехідний відсік мав форму конуса і короткого циліндра діаметром 2 м і довжиною 3 м. В ньому розміщалася частина астрофізичної апаратури і система керування. Робочий відсік складався з двох з'єднаних циліндрів діаметром 2,9 та 4,15 м. В його передній частині знаходилися центральний пост для одночасної роботи космонавтів, а також пости для виконання наукових досліджень.

неврування КК на орбіті та спільні дії екіпажів, які контролювалися наземними засобами керування польотом, науково-дослідницькими суднами та ШСЗ "Молния-1". Космонавти виконали великий обсяг медико-біологічних та наукових експериментів, у т. ч. одночасну аерофотозйомку окремих регіонів Землі з різних висот. Такого роду дослідження виконувалися також під час тривалого (на той час) 18-добового польоту КК "Союз-9" (виведено на орбіту 1 червня 1970 р.) космонавтами А. Ніколаєвим та В. Севастьяновим.

Радянський Союз завжди розглядав створення та функціонування орбітальних космічних станцій як головний напрямок розвитку космонавтики. Ще в 1963 р. С. Корольов передбачав, що при створенні майбутніх орбітальних станцій перспективним стане виконання зварювальних робіт для побудови і ремонту великовагітних конструкцій у відкритому космосі. Ця задача була покладена на колектив Інституту електрозварювання (ІЕЗ) ім. Е. О. Патона НАН України. Інститутом спільно з ОКБ С. Корольова та Інститутом електродинаміки (ІЕД) НАН України була розроблена комплексна програма досліджень особливостей зварювання різних металів та споріднених технологій в умовах глибокого вакууму та мікрогравітації. А 16 жовтня 1969 р., в польоті КК "Союз-6", космонавти Г. Шонін і В. Кубасов вперше виконали експерименти з автоматичного зварювання і різання металів електронним пучком на спеціальній зварювальній установці "Вулкан". Ці експерименти, підготовлені творчим колективом науковців ІЕЗ НАНУ під керівництвом Б. Патона, знаменували початок нового науково-технічного напрямку – космічні технології. Знаходячись у герметичному відсіку, космонавти дистанційно керували процесом зварювання, який відбувався в орбітальному, спеціально розгерметизованому відсіку. Аналіз доставлених на Землю зварювальних швів, отриманих різними методами, дозволив створити ефективніші зразки зварювальної апаратури та розробити нові методики, які стали основою подальших технологічних експериментів на ОКС. Забігаючи наперед у хронології подій, відзначимо, що 1973–1975 рр. колективом ІЕЗ НАНУ була розроблена малогабаритна електронно-променева апаратура для досліджень іоносфери та магнітосфери Землі під час активних космічних експериментів – інжекції електронів та плазмових струменів з борту ракет в навколоземний космічний простір (експерименти "Зарница" та "Аракс" відповідно). В експериментах брали участь ІЕД НАНУ, Київський університет, установи Росії і Франції.

19 квітня 1971 р., на честь 10-ї річниці польоту Ю. Гагаріна, РН "Протон" розробки ОКБ-52 В. Челомея вивела на орбіту першу навколоземну космічну станцію ОКС "Салют-1". Вона призначалася для виконання тривалих наукових і технологічних експериментів у космосі. 24 квітня екіпаж КК "Союз-10" В. Шаталов, О. Єлісеєв та М. Рукавишников стикували КК з ОКС. Протягом 5 год 30 хв польоту космонавти перевірили динамічні характеристики комплексу, розстикували його і повернулися на Землю. У червні 1971 р. космонавти Г. Добропольський, В. Волков і В. Пацаєв (КК "Союз-11") здійснили першу успішну 23-добову експедицію на ОКС "Салют-1" і виконали на станції, зокрема, експерименти з дослідження зір та галактик за допомогою бортових телескопів "Оріон" та з вирощуванням рослин в умовах мікрогравітації. При поверненні на Землю космонавтів спіткала трагічна доля – через розгерметизацію спускного апарату вони загинули. Наприкінці 1971 р. перша орбітальна станція "Салют-1" припинила своє існування.

Аварія, яка сталася під час повернення першої експедиції, змусила модифікувати КК "Союз": замість корабля, який у 1960-х роках будувався для майбутніх польотів радянських екіпажів на Місяць, створюється КК, призначений для використання тільки на навколоzemних орбітах. 27 вересня 1973 р. космонавти В. Лазарев і О. Макаров випробували модифікований КК "Союз-12", який став штатним транспортним кораблем для навколоzemних орбітальних станцій серії "Салют". Невдалими видалися запуски ОКС "Салют-2" та "Космос-557" у 1973 р., але 18 грудня 1973 р. космонавти П. Климук та В. Лебедев вдруге випробували КК "Союз" нової модифікації (для підвищення безпеки замість третього крісла космонавта було розміщено додаткове обладнання системи життезабезпечення). Крім того, з КК знято панелі сонячних батарей, що обмежило час його автономного польоту до 2,5 доби) і протягом тижня виконували на орбіті комплекс астрофізичних і біологічних досліджень із застосуванням обладнання, що призначалося для станцій типу "Салют". З 25 червня 1974 до 25 січня 1975 р. на ОКС "Салют-3" виконувалася в основному програма військового призначення. Станцію відвідав один екіпаж. 5 липня 1974 р. КК "Союз-14" з космонавтами П. Поповичем та Ю. Артиюхіним успішно стикувався з ОКС "Салют-3". Космонавти провели на ОКС 16 діб. Серед іншого, вони здійснювали моніторинг хмарного шару атмосфери за міжнародною програмою досліджень Атлантичного океану, спектральні дослідження корисних копалин перспективних районів, а також випробували нову систему енергозабезпечення станції — сонячних батарей з автономною орієнтацією на Сонце. Наступна експедиція (КК "Союз-15", запуск 26 серпня 1974 р.) у складі космонавтів Г. Сарафанова і Л. Дьоміна не змогла зістикуватися зі станцією і 28 серпня повернулася на Землю.

2–8 грудня 1974 р. космонавти О. Філіпченко та М. Рукавишніков здійснили політ за програмою майбутнього експериментального польоту "Союз-Apollo". Вони випробували новий стикувальний вузол і модернізовані системи орієнтації КК "Союз-16", відпрацювали маневрування на орбіті та перевірили систему життезабезпечення з параметрами атмосфери у відсіках, запропонованими для радянсько-американського польоту.

26 грудня 1974 р. на орбіту була запущена ОКС "Салют-4", яку 1975 р. відвідали два екіпажі: КК "Союз-17", 11 січня — 9 лютого, космонавти О. Губарев і Г. Гречко; КК "Союз-18", 24 травня — 26 липня, космонавти П. Климук і В. Севастьянов. ОКС було істотно модифіковано. Зокрема, вперше було використано автономну навігаційну систему "Дельта", що звільнило космонавтів від копіткої роботи з орієнтацією станції, яка раніше виконувалася під час проведення майже всіх експериментів. На ОКС успішно відпрацював перший сонячний орбітальний телескоп, розробником якого були науковці та інженери КрАО (до речі, це був четвертий варіант телескопа, оскільки три по-передні були встановлені на ОКС "Салют-1, 2, 3", але з різних обставин не були задіяні), а космонавти виконали унікальну технологічну операцію з напінення відбиваючого шару дзеркал телескопа. У "перервах" між моніторингом активних областей на Сонці (у смузі $\text{H}\alpha$) та виконанням інших астрофізичних спостережень за допомогою рентгенівського телескопа космонавти, зокрема, вперше випробували спеціальне спортивно-діагностичне обладнання для профілактики небезпечноного впливу невагомості на стан здоров'я і працездатність людини. 19 листопада 1975 р. у безпілотному режимі до ОКС запущено КК "Союз-20" — прототип майбутнього вантажного корабля "Прогрес". Протягом тримісячного польоту орбітального комплексу "Салют-4 — Союз-20" виконувалися біологічні дослідження з тваринами і рослинами. 1977 року станція "Салют-4" припинила своє існування.

*Поруч розміщене
бортове
та регенераційне
обладнання,
системи
життезабезпечення
тощо.*

*Близче до кінця
відсіку —
апаратура для
медико-біологічних
досліджень та
головне бортове
обладнання станції.*

*Робочий відсік
мав*

*15 ілюмінаторів.
Ззовні відсіку
встановлено
елементи системи
орієнтації і
керування рухом,
радіатори системи
терморегулювання,
різноманітні
сенсорні пристрії.*

*Негерметичний
агрегатний відсік
мав форму циліндра
діаметром 2,2 м,
в ньому були розта-
шовані ракетний
двигун, системи
енергозабезпечення,*

*радіоантени,
телекамери,
різноманітні
датчики та наукові
прилади.*

*Довжина орбіталь-
ного комплексу
"Салют-1 — Союз"*

складала 21,4 м

(ОКС — 16 м),

*а маса — понад 25 т
(ОКС — 18,9 т).*

*Об'єм герметичних
відсіків — 100 м³.*

*Поперечний розмір
станції*

*із розкритими
сонячними
батареями — 11 м.*

1972 р. США розпочали розробку принципово нового, багаторазового транспортного КК "Space Shuttle" та одночасно з запусками радянських ОКС серії "Салют" випробували ОКС "Skylab".

14 травня 1973 р. РН "Saturn-5" вивела на навколоzemну орбіту першу американську ОКС, але відразу після запуску з'ясувалося, що протягом першої хвилини польоту поривом вітру відривало частину противетроритного екрану і одну з двох панелей сонячних батарей. НАСА провело корекцію орієнтації станції у просторі для зменшення її перегріву і, оскільки автономні сонячні батареї астрономічних приладів виробляли енергію у достатній для всієї станції кількості, вже через 11 днів після старту до станції виrushив перший екіпаж (астронавти Ч. Конрад, Дж. Кервін, П. Вейц). Астронавти, зокрема, виконали аварійний вихід у космос для ремонту другої панелі сонячних батарей ОКС. Станцію "Skylab" загалом відвідали три експедиції астронавтів (другий екіпаж — А. Бін, Дж. Лусма, О. Герріот, 28 липня — 25 вересня 1973 р.; третій екіпаж — Дж. Карр, Е. Гібсон, У. Поуг, 16 листопада 1973 р. — 8 лютого 1974 р.). Американська программа польотів, як і радянська, передбачала спостереження Землі, Сонця і далекого космосу, вивчення впливу мікрогравітації на стан рідини і матеріалів та медико-біологічні експерименти. Незапланованим був перший випадок спостереження викиду сонячного протуберанця з моменту його народження за допомогою орбітального телескопа. Другий цікавий факт історії "Skylab" — 19 експериментів наукової програми запропонували учні. Передбачалося, що станція залишиться на орбіті до 1980 р. і її відвідає новий транспортний КК багаторазового використання з екіпажем на борту. Але такі сподівання виявилися завищеними, і 11 липня 1979 р. станція припинила своє існування.

При формуванні програми майбутніх пілотованих місій на 1980-ті роки НАСА фактично відмовляється від побудови ОКС, зосередивши основну увагу на програмі короткострокових польотів екіпажів на КК багаторазового використання, і, таким чином, залишає пріоритет в експлуатації орбітальних космічних станцій Радянському Союзу.



Спільній
радянсько-американський
політ
"Союз-Аполлон"

(липень 1975 р.)



У липні 1975 р. в історії космонавтики відбулася значна подія як науково-технічного, так і політичного значення: космічні екіпажі СРСР і США — О. Леонов, В. Кубасов (КК "Союз-19") та Т. Стеффорд, В. Бранд, Д. Слейтон (КК "Apollo") — зустрілися на орбіті у спільному польоті "Союз-Apollo". Крім збору наукової інформації, політ дозволив узгодити космічні програми і продемонстрував можливість спільної роботи космічних екіпажів з різних країн. Для успішного стикування двох кораблів різної конструкції та переходу екіпажів з одного корабля в інший було створено спеціальний стикувальний вузол, оскільки хімічний склад атмосфери в кабінах радянських і американських КК відрізнявся. Під час польоту було виконано 32 наукових експерименти, з яких п'ять спільних. Серед останніх, зокрема, експеримент "універсальна піч" для досліджень процесів плавлення та кристалізації в умовах невагомості і використання цих умов для виробництва нових матеріалів, а також унікальний експеримент "мікробний обмін", в якому визначався склад мікроорганізмів на внутрішніх поверхнях кораблів та порівнювалися проби мікрофлори шкіри космонавтів і астронавтів до, під час і після спільногого польоту.

Проект "Союз-Apollo" з політичної точки зору був провісником завершення періоду "холодної війни" між СРСР і США. Він став практичним втіленням Угоди ООН 1968 р. з пошуку астронавтів, повернення людей і космічних об'єктів

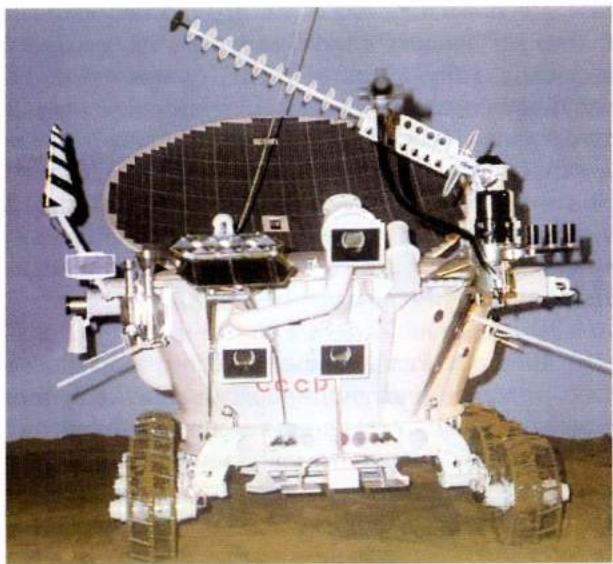
на Землю. Ця Угода ООН була підписана космічними державами після прийняття Договору ООН з відкритого космосу від 1967 р. — першого важливо-го міжнародного документу, який регулює використання космічного простору у мирних цілях. Політ “Союз-Apollo” сприяв завершенню загрозливої конкуренції у космосі двох великих космічних держав: на виконання своїх честолюбивих космічних проектів Радянський Союз і США направляли величезні ресурси, що не могло не впливати на бюджети цих країн і, таким чином, підштовхувало до міжнародної кооперації.

22 червня 1976 р. Радянський Союз вивів на навколоземну орбіту ОКС “Салют-5”. Перша експедиція (КК “Союз-21”, запуск 6 липня 1976 р.) у складі Б. Волинова і В. Жолобова провела на станції майже два місяці і виконала численні експерименти прикладного призначення, у т. ч. військового. Серед наукових експериментів — дослідження фізико-хімічних процесів в умовах невагомості з різними сплавами і матеріалами, експеримент з перекачування палива без насосів, моніторинг забрудненості земної атмосфери промисловими викидами з використанням ручного ІЧ-спектрометра, спостереження сонячної корони тощо. Цікавим видався політ екіпажу КК “Союз-22” (космонавти В. Биковський і В. Аксюнов) 15–22 вересня 1976 р., оскільки тут вперше була випробувана багатозональна фотокамера німецької фірми “Карл Цейс” (МКФ-6, вага — близько 170 кг), яка дозволяла виконувати зйомку в шести каналах — чотирьох діапазонах видимої і двох діапазонах ІЧ-частини спектру. Фотокамера МКФ-6 була пізніше встановлена на модифікованій ОКС “Салют-6” і дозволила отримувати якісно нові дані з дистанційного зондування Землі. У програму польоту КК “Союз-22” не входило стикування з ОКС, а стикування КК “Союз-23” (космонавти В. Зудов, В. Рождественський) з ОКС “Салют-5” не відбулося через нештатну ситуацію в системі керування КК. 8 – 25 лютого 1977 р. станцію “Салют-5” відвідав останній екіпаж: космонавти КК “Союз-24” В. Горбатко і Ю. Глазков продовжили програму досліджень, що виконувалася екіпажем КК “Союз-21”. Перед тим як залишити ОКС, космонавти вперше у практиці пілотованих польотів використали комбіновану багатофункціональну систему часткової заміни атмосфери на станції.

У 1970-ті роки поповнилася плеяда космічних держав. В 1970 р. Японія та Китай стають четвертою та п'ятою державами, спроможними самостійно здійснити запуски своїх КА. 1973 року створюється Європейське космічне агентство

(ЄКА), яке прийшло на зміну ЄЛДО. Вивчивши всі недоліки попередніх спроб запуску європейських ракет-носіїв типу “Европа”, ЄКА зупиняється на варіанті французької ракети як базової і дає їй назву “Аriane” (ім’я міфічної дочки Європи), а перший запуск планує на 1979 р. 19 квітня 1975 р. до космічних держав світу приєднується Індія, а 1976 року Індонезія стає першою південно-азіатською країною, здатною керувати власним телекомунікаційним супутником.

Ще 1966 р. у Радянському Союзі була створена Рада з міжнародного співробітництва з питань досліджень та використання космічного простору при АН СРСР — Рада “Інтеркосмос”. З ініціативи Радянського Союзу ряд колишніх соціалістичних країн приєднався до цієї програми, щоб об’єднати зусилля з урахуванням науково-технічних можливостей і ресурсів своїх країн, а саме в галузі космічної фізики і астрофізики, біології і медицини, космічного радіозв’язку і телебачення, дистанційного зондування Землі, космічної метеорології та (з 1978 р.) в галузі космічного матеріалознавства. 1976 року між урядами дев’яти країн (Народна Республіка Болгарія, Угорська Народна Республіка, Німецька Демократична Республіка, Республіка Куба, Монгольська Народна Республіка, Польська Народна Республіка, Соціалістична Республіка Румунія, СРСР, Чехословацька Соціалістична Республіка) було підписано Меморандум про співробітництво в дослідженнях та використанні космічного простору у мірних цілях. 1979 р. до Меморандуму приєдналася Соціалістична Республіка В’єтнам. Незважаючи на політичні реалії тих часів, дослідження програми “Інтеркосмос” стали значним внеском у світову науку про космос і стимулювали розвиток прикладних напрямків в економіці держав-учасниць. Так, протягом 1969–1985 рр. за цією програмою було запущено 23 супутники серії “Інтеркосмос”, 11 висотних дослідницьких ракет типу “Вертикаль”, велика кількість метеорологічних ракет, а для досліджень було виготовлено понад 200 наукових приладів. Додатково на борту космічних апаратів Радянського Союзу, запущених за національною програмою (КА серії “Космос” та “Метеор”, АС “Прогноз”, КК серії “Союз”), знаходилися прилади, створені за програмою “Інтеркосмос” (зокрема, вже згадуваний політ КК “Союз-22”). А дев’ять космонавтів, представники країн-учасниць Меморандуму, пройшовши підготовку у Центрі підготовки космонавтів у Зоряному містечку, здійснили польоти у складі міжнародних екіпажів на ОКС “Салют-6, 7”.



Перший місячний самохід
радянський "Луноход-1" (1970 р.)

Завдяки дослідженням Сонячної системи безпілотними космічними апаратами планетологія збагатилася новими відкриттями.

24 вересня 1970 р. радянський КА "Луна-16" став першим автоматичним апаратом, який доставив зразки місячного ґрунту на Землю. А з 17 листопада 1970 р. на поверхні Місяця почав працювати перший космічний робот "Луноход-1". Ця автоматична наукова лабораторія була доставлена на Місяць у район Моря Дощів безпілотним КА "Луна-17", а її успішна робота тривала більше 10 місяців, що дало змогу провести хімічні і мінералогічні аналізи місячних порід вздовж траси понад 10 тис. м на території площею більше 500 тис. кв. м. Внаслідок серії пілотованих польотів американських КК серії "Apollo" на Місяць науковці всього світу отримали великий експериментальний матеріал для безпосереднього вивчення зразків місячних порід. А коли Радянський Союз здійснив посадку трьох АКС на Місяць ("Луна-20", 14–25 лютого 1972 р.; "Луна-21" і удосконалений самохід "Луноход-2", 8 січня 1973 р. – травень 1973 р.; "Луна-24", яка вперше у світі виконала автоматичне буріння на глибину 2 м, 9 серпня – 22 серпня 1976 р.) і також доставив на Землю зразки місячного ґрунту, то відбувся обмін цим унікальним матеріалом між науковцями СРСР і США.

Після Місяця об'єктом космічних досліджень стала Венера, яку інколи на Заході називають "російською" планетою, маючи на увазі той факт, що СРСР направив у космос для вивчення "ранкової" планети десять АМС. У 1970 і 1972 роках АМС "Венера-7" і "Венера-8" передали точні дані з поверхні Венери про температуру її поверхні (475°C) і атмосфери (-50°C), тиск (95 атм) та хімічний склад атмосфери (96 % вуглеводного газу, 3 % азоту, 0,1 % кисню, 0,05 % водяної пари, 0,85 % інших сполук на основі хлору, сірки та ін.). 22 жовтня 1975 р. було здійснено м'яку посадку АМС "Венера-9" (запуск 8 червня 1975 р.) на поверхню Венери. Передача телевізійного зображення на Землю тривала 2 хв, а зв'язок зі спускним апаратом на поверхні тривав 53 хв. Вперше було передано на Землю панорамний знімок поверхні Венери та виконано зйомку венеріанського неба. Зауважимо, що хімічний склад підхмарного прошарку атмосфери Венери було вивчено за допомогою мас-спектрометрів, які було виготовлено у ФТІНТ НАН України. Аналіз даних показав, що на висоті 48 км над поверхнею планети знаходиться нижня границя 20-км шару сіркового туману. Вуглеводнева атмосфера створює на планеті так званий парниковий ефект, коли сонячні промені проходять крізь атмосферу і нагрівають поверхню планети, але теплове випромінювання поверхні не може вийти в навколошній простір. Освітленість на поверхні планети вдень подібна до земної в пасмурний день, а високі температура і тиск на поверхні та сірчанокислотний хмаровий шар роблять неможливим існування на планеті біологічного життя, подібного до земного. Надзвичайно низким виявився відносний об'ємний вміст водяної пари в атмосфері планети: якщо сконденсувати всю воду, то товщина її шару становитиме близько 1 см. "Дублер" АМС "Венера-9", станція "Венера-10" (запуск 14 червня 1975 р.) здійснила посадку на поверхню планети 25 жовтня 1975 р. Передача телевізійного зображення і наукових даних тривала 65 хв.



Перший панорамний знімок Венери,
переданий на Землю АМС "Венера-9"
22 жовтня 1975 р.
На місці посадки АМС видно
невеликі камені діаметром 30–40 см.
Об'єкт білого кольору
в центрі – частина АМС

Продовжувалися дослідження Марса. В 1969 р. КА "Mariner-6, -7" виконали зйомку 20 % поверхні Марса, у тому числі південної шапки, і відкрили, що вона складається із замороженої вуглекслоти. Кожні 17 років Марс підходить найближче до Землі, що дає перевагу в плануванні польотів до цієї планети. 1971 рік якраз був таким роком, і АМС "Mariner-9" вперше успішно облетіла Марс, передавши на Землю біля 8000 знімків планети. Цього ж року радянські АМС "Марс-2" і "Марс-3" були виведені на навколомарсіанські орбіти, і з їхніх бортів виконано 11 наукових експериментів з дослідження рельєфу та складу атмосфери. Спроба посадки спускних апаратів, на жаль, зазнала невдачі. Перший з них розбився об марсіанський ґрунт, а другий припинив передачу інформації, можливо, внаслідок пилової бурі у місці посадки. Після конструктивних змін КА даної серії у 1973 р. було запущено чотири АМС: "Марс-4, -5, -6, -7". 12 березня 1974 р. АМС "Марс-6" (запуск 5 серпня 1973 р.) вперше в історії космонавтики виконала прямі вимірювання в атмосфері планети і передачу результатів на Землю з використанням систем прольотного блоку, який в цей час продовжував рух по геліоцентричній орбіті.

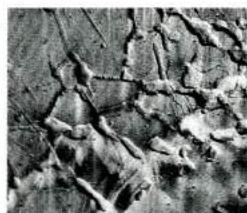
Визначна космічна місія випала на долю двох ідентичних американських КА "Pioneer-10, -11". Оскільки передбачалось, що космічні апарати стануть першими штучними об'єктами, що вийдуть за межі Сонячної системи, то на їхніх бортах було встановлено таблиці з закодованою інформацією про земну цивілізацію і рівень нашого розвитку. КА "Pioneer-10", виведений на орбіту 3 березня 1972 р., уперше відвідав Юпітер і його супутники у грудні 1973 р., а КА "Pioneer-11", запуск якого відбувся в 1973 р., досяг цієї планети в 1974 р. Обидва КА вперше подолали астероїдний пояс — зону міжпланетних "уламків" між орбітами Марса і Юпітера, та пройшли крізь грізні радіаційні пояси планет-гігантів.



Меркурій. Кратер Золя діаметром 60 км, розташований в південно-західній частині планети в чотирикутнику Шекспіра. В центральній частині кратера видно незвичайний комплекс горських піків (КА "Mariner-10", 1974–1975 рр.)



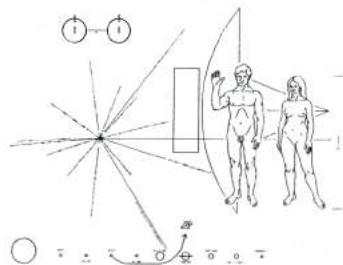
Ортоографічна мозаїка південної півкулі Меркурія. Внизу в центрі мозаїки видно темний кратер Чао Менг-Фу діаметром 150 км, прямо вгорі на відстані 600 км — подвійний кратер Бах діаметром 225 км (КА "Mariner-10", 1974–1975 рр.)



Марс. Західна частина Долини Марінеріс з її лабіринтами узгір'їв, печер і кратерних ланцюгів, що обрамляють пласкі долини. Знімок охоплює узбіччя району Тарсіс розміром близько 400 км ("Mariner-9", 1971)



Центральна кальдерда марсіанського вулкану на Горі Олімп висотою близько 29 км. Морфологічні риси кальдерди подібні до земних, але мають більші розміри. Найменша (і наймолодша) провалина (у правій частині фото) має розміри близько 30 км, вздовж кальдерди можна побачити численні розломи і тераси



Таблиця з закодованою інформацією про земну цивілізацію, яка знаходиться на борту КА "Pioneer-10, -11", перших космічних апаратів, що стали посланцями Землі за межі Сонячної системи

У 1974–1975 рр. АМС серії "Mariner" відвідали Меркурій, використовуючи гравітаційний маневр у полі тяжіння Венери, — це дало змогу обійтись без додаткового ракетного ступеня. "Mariner-10" виконала зйомку більш ніж половини поверхні Меркурія, встановивши, що поверхня цієї планети дуже подібна до місячної (наприклад, АМС "знаїшла" величезний багатокільцевий кратер розміром 1300 км). Цікаво, що під час цієї місії не передбачалося, що протягом багатьох наступних років вона залишиться єдиною меркуріанською місією. Внаслідок близькості до Сонця Меркурій важко спостерігати з поверхні Землі, тому й досі важливими є дані, отримані АМС "Mariner-10". Серед питань, які посталі під час цієї місії, більшість залишилися без відповіді. Чому планета має таку високу густину? Чи Меркурій є геологічно активним, як багато планет і супутників? Яким чином близькість до Сонця впливає на топографію меркуріанської поверхні, склад розрідженої атмосфери та крихітну магніtosферу? Забігаючи наперед, зауважимо, що ЄКА запланувало запуск АМС "ВеріColombo" до Меркурія, другої станції після "Mariner-10", на 2003 р. АМС названо на честь італійського математика і інженера Дж. Коломбо, який ініціював і розрахував місію "Mariner-10" та дав одне з пояснень незвичайного обертання

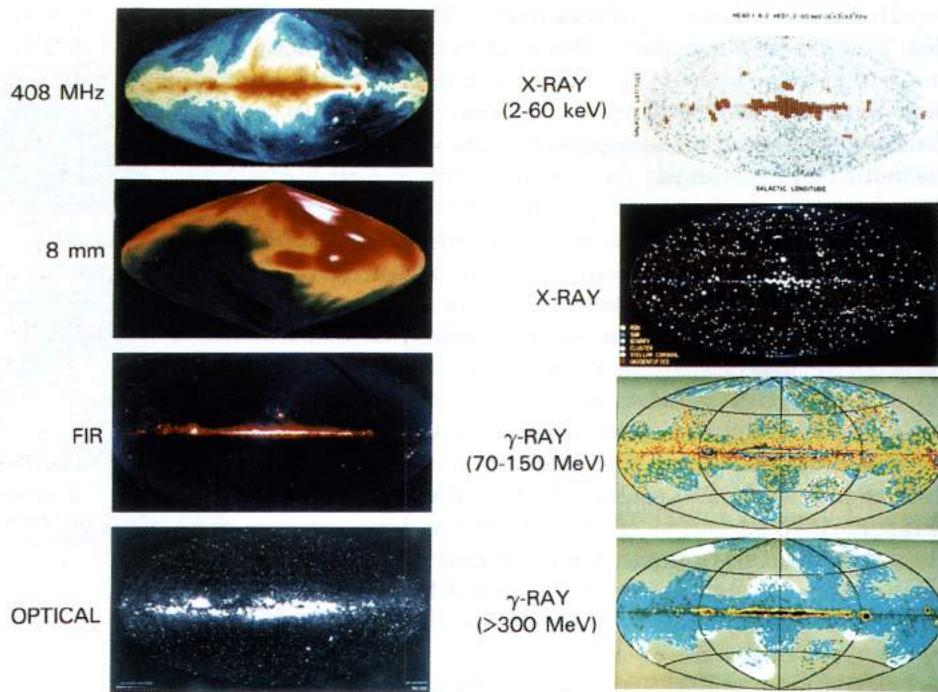
Людина вперше ступила на поверхню Місяця. Перші орбітальні станції. 1969 – 1977

Меркурія навколо його осі — тричі за два оберти навколо Сонця. Застосування новітніх двигунних технологій та гравітаційного маневру біля Венери дозволить вивести АМС "BepiColombo" на низьку меркуріанську орбіту та вперше спустити зонд на його поверхню у 2005 р.

Перше десятиріччя космічної ери викликало революцію в астрономії, оскільки з навколоземної орбіти стало можливим спостерігати Всесвіт у тому діапазоні електромагнітних хвиль, які не пропускає земна атмосфера. Астрономія з оптичної перетворилася у всехвильову.

Сонце стало об'єктом перших пробних досліджень в ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах за допомогою військових ракет наприкінці 1950-х рр. А вже 1962 року в експериментальному польоті ракети "Аегобе" був відкритий перший рентгенівський об'єкт за межами Сонячної системи — Scropius X-1. Наприкінці 1970 р. НАСА запустило астрономічний рентгенівський супутник "Uhuru" (Explorer 42). Він став першим із серії КА SAS, так званих малих астрономічних супутників. За декілька років роботи супутник відкрив 300 рентгенівських джерел, включаючи залишки наднових і кулясті скupчення, подвійні рентгенівські об'єкти (пари "слабка зірка і нейтронна зірка"). За КА "Uhuru" послідував КА "Copernicus" для спостережень знаменитої Крабовидної туманності у рентгенівському та ультрафіолетовому діапазонах, а протягом 1972—1974 рр. супутник TD-1 виконав перший ультрафіолетовий огляд неба.

Космічна гамма-астрономія розпочалася ще на початку 1960-х років з використання супутників військового призначення серії "Vela", які призначалися для контролю випробування атомної зброї. Перший гамма-об'єкт Всесвіту було відкрито у 1969 р., але до 1973 р. про це не повідомлялося у пресі. Перший гамма-огляд неба було виконано супутником SAS-2 у 1972 р., який через технічні неполадки відпрацював тільки шість місяців. Вдалою виявилась місія одного з перших наукових супутників ЄКА



Зображення Галактики в різних діапазонах довжин хвиль

COS-B, під час якої з'ясувалося, що гамма-випромінювання сконцентровано у напрямку до центра нашої Галактики. Цей КА працював до 1982 р., відкривши 25 дискретних гамма-джерел, але кутова роздільна здатність його приладів не була достатньою, щоб знайти кореляцію відкритих гамма-джерел з відомими космічними об'єктами (наприклад, другий найяскравіший гамма-об'єкт Всесвіту, Geminga, досі залишається неототожненим). В 1974 р. англійський КА "Ariel-5" виявив, що простір між галактиками заповнений гарячим іонізованим газом з температурою близько 100 млн градусів. А коли німецький КА ANS і КА НАСА SAS-3 виконали дослідження вибухових рентгенівських об'єктів, то стало зрозумілим, що у Всесвіті є безліч рентгенівських і гамма-об'єктів, але проблемою залишається правильна прив'язка більшості з них до певної області простору чи відомого каталогного об'єкта.

Пілотовані і безпілотні місії на навколоземні і місячні орбіти, здійснені протягом двох перших декад космічної ери, крім безперечного пізнавального значення, не тільки збагатили біологію, геофізику, фізику, астрономію, матеріалознавство, а й стали великим стимулом науково-технічного прогресу. Комп'ютерна революція на початку 1970-х років завдячує головним чином космічним дослідженням, а ця революція змінила життя людства кінця ХХ століття.

Нова серія космічних апаратів
Орбітальні космічні станції "Салют- 6, 7"
Перші довготривалі
експерименти на ОКС
Успіхи космічної планетології
Орбітальні
астрономічні обсерваторії
1977 — 1984

ОКС "Салют-6" складалася з п'яти відсіків: перехідного, робочого, відсіку наукової апаратури, перехідної камери та агрегатного. Робочий відсік мав форму

двох циліндрів (діаметри — 2,9 та

4,15 м, довжини — 3,5 та 2,7 м), які з'єднувалися конічною оболонкою довжиною 2 м. З робочого відсіку екіпаж керував станцією, тут проводив більшість досліджень та відпочивав. Відсік мав 20 ілюмінаторів, у т. ч. для фотографування Землі. Зазначимо, що на ОКС "Салют-6" використовувалася вже згадувана багатозональна фотокамера МКФ-6М, яка, до речі дозволяла за десять днів роботи сфотографувати в шести зонах спектру таку площину, яку при звичайній аерофотозйомці відзначали б за десять років. Перехідний відсік мав один, пасивний, стикувальний вузол для причалювання пілотованих КК. Він також використовувався екіпажем для візуальних спостережень через розміщені на його корпусі сім ілюмінаторів. Перехідний відсік також використовувався як шлюзний відсік для виходу космонавтів у відкритий космос. У негерметичному агрегатному відсіку (діаметр — 4,15 м, довжина — 2,2 м) знаходилися головна двигунна установка, антени, датчики систем орієнтації сонячних батарей тощо. З агрегатним відсіком одним своїм кінцем з'єднувалася перехідна камера (діаметр — 2 м, довжина — 1,6 м). Другий кінець перехідної камери завершувався ще одним стикувальним вузлом станції для причалювання як пілотованих, так і вантажних кораблів. В цій камері розташовувалася електронагрівна установка "Кристал" для експериментів з матеріалознавства. Відсік наукової апаратури мав форму конуса, який приступувався перпендикулярно до повздовжної осі ОКС через спеціальний циліндр робочого відсіку.

Тут було розташовано субміліметровий телескоп БСТ-1М з діаметром головного дзеркала 1,5 м, що дозволило вперше провести астрофізичні спостереження з ОКС у новому діапазоні довжин хвиль. Маса станції складала 18,9 тонн, маса орбітального комплексу — 32,5 тонни, довжина станції — 15 м, довжина комплексу з двома кораблями — 29 м.

29 вересня 1977 р. Радянський Союз, завершивши модифікацію конструкції орбітальної станції серії "Салют" та дооснастивши її додатковим стикувальним вузлом, запустив на навколоzemну орбіту ОКС другого покоління, "Салют-6". Ця подія започаткувала вражуючу серію орбітальних космічних експедицій. Перша з них (КК "Союз-25", запуск 9 жовтня 1977 р., космонавти В. Ковал'онок і В. Рюмін) була невдалою із-за виникнення нештатного режиму стикування КК з ОКС. 11 грудня 1977 р. на станцію прибула перша довготривала експедиція у складі космонавтів Ю. Романенка і Г. Гречка. Щоб не повторити невдачі попередньої експедиції, космонавти зістикували свій КК з додатковим стикувальним вузлом, розміщеним з боку агрегатного відсіку "Салют-6". Конструкція цього вузла дозволяла одночасне стикування двох КК до станції, що було важливим для заміни екіпажів, доставки вантажу та в разі виконання рятувальних робіт. Коли 11 січня 1978 р. космонавти В. Джанібеков і О. Макаров стикували свій КК "Союз-27" зі станцією, на борту якої перебували Ю. Романенко та Г. Гречко, — це означало, що вперше у світі на орбіті почав працювати пілотований комплекс (станція та два КК). 22 січня 1978 р. успішно пройшла стиковка транспортного корабля "Прогрес-1" з ОКС, і з цього часу кораблі серії "Прогрес" стали головними постачальниками вантажів та наукового обладнання на орбітальні станції. За програмою "Інтеркосмос" СРСР залучила представників інших держав до участі в польотах на станцію "Салют-6". 2 березня 1978 р. чеський космонавт В. Ремек (КК "Союз-28", командир — О. Губарев) став першим космонавтом іншої держави, яка, не маючи власних можливостей для здійснення пілотованих польотів, виконує їх завдяки міжнародній співпраці. Космонавти Ю. Романенко і Г. Гречко після 96-добового перебування на орбіті повернулися на Землю 16 березня 1978 р. (побивши тим самим рекорд, встановлений третім екіпажем ОКС "Skylab"). Під час другої довготривалої експедиції (космонавти В. Ковал'онок і О. Іванченко перебували на станції 140 діб) її відвідали громадяни Польщі і ГДР. У 1979 р. радянські космонавти В. Ляхов і В. Рюмін (КК "Союз-32", запуск 26 лютого 1979 р.) встановлюють новий рекорд тривалості польоту на навколоzemній орбіті, відпрацювавши 175 діб на станції "Салют-6". 16 грудня 1979 р. Радянський Союз випробував новий КК "Союз Т", який було пристиковано до ОКС у автономному режимі: на КК було встановлено бортовий обчислювальний комплекс для керування польотом, маневрування КК на орбіті та передачі даних про роботу всіх систем КК до Центру керування польотом. Конструктор КК, космонавт К. Феоктистов називав цей КК "приладом з інте-

лектом робота". 1980 року, під час наступного тривающего польоту (184 доби) радянських космонавтів Л. Попова і В. Рюміна (КК "Союз-35", стикування з ОКС 10 квітня 1980 р.), на станції побували три міжнародних екіпажі з громадянами Угорщини, В'єтнаму та Куби. Зазначимо, космонавт В. Рюмін, який був членом двох експедицій та виконав політ на КК "Союз-25", став першою людиною, яка провела у космосі загалом майже рік (361 добу), і, таким чином, сам став об'єктом тривалого медичного експерименту з вивчення впливу умов мікрогравітації на здоров'я людини. Польот космонавтів В. Ковал'онка і В. Савіних (КК "Союз Т-4", запуск 12 березня 1981 р.) був останньою довготривалою експедицією (75 діб) на ОКС "Салют-6". Під час перебування цього екіпажу на станції її відвідали ще два міжнародних екіпажі з громадянами Монголії і Румунії.

Загалом з 1978 р. по 1982 р. на ОКС "Салют-6" працювали п'ять довгострокових і 11 короткострокових експедицій, з яких дев'ять були міжнародними. Програма мала гучний пропагандистський характер — після чеського космонавта на станції побували М. Германшевський (Польща), С. Джохен (ГДР), Б. Фаркас (Угорщина), Ф. Туан (В'єтнам), А. Менедз (Куба), Дж. Гуррагча (Монголія), Д. Прунаріу (Румунія). Стикування КК "Союз-33", у складі екіпажу якого знаходився Г. Іванов (Болгарія), зі станцією не відбулося.

За час функціонування ОКС 12 вантажних кораблів "Прогрес" доставили більше 20 тонн палива і обладнання. У пілотованому режимі (загалом 676 діб) траплялися випадки нештатних ситуацій, коли тільки злагоджена дія екіпажу і Центру керування польотом врятувала життя людей і станцію. Наприклад, 1979 р. космонавти В. Ляхов і В. Рюмін виходили у відкритий космос, щоб відвести від станції антени радіотелескопа, які не відділилися від станції.

А останньою подією в історії ОКС "Салют-6" стало стикування з нею в автоматичному режимі КА "Космос-1267" ("зоряного модуля", що мав удвічі більші розміри, ніж КА "Союз"). Можна вважати, що це було першим експериментом зі створення багатомодульної конструкції майбутньої радянської ОКС "Мир". 29 липня 1982 р. КА "Космос-1267" виконав буксирування "Салют-6" на вищу орбіту, де станція припинила своє існування.

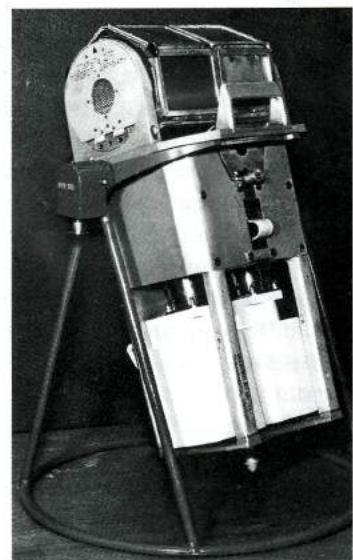
Протягом майже п'ятирічного функціонування орбітальний комплекс "Салют-6"- "Союз"- "Прогрес" забезпечував можливість проведення довготривалих пілотованих космічних польотів зі зміною екіпажів і кораблів, доставку на Землю результатів експериментів і досліджень, а на станцію — наукового облад-

нання, палива, іншого корисного вантажу. Довготривалість експлуатації станції вперше дозволила не тільки виконати унікальні експерименти, але й повторити їх, що у свою чергу підвищувало надійність результатів та сприяло накопиченню статистичних даних про досліджувані явища. Одна з особливостей експедицій на ОКС полягала і досі полягає в тому, що кожний наступний екіпаж доставляв нові прилади, щоб розширити діапазон наукових досліджень та покращити методики експериментів. Під час виконання міжнародних польотів кожна країна була розробником тих наукових приладів та експериментів, в яких була зацікавлена.

Низка матеріалознавчих і технологічних розробок та досліджень з космічної біології і медицини, виконаних на ОКС "Салют-6", стали пріоритетними досягненнями українських вчених.

В 1979 р. на ОКС "Салют-6" була доставлена технологічна установка "Випарювач" ("Іспаритель"), розроблена колективом ІЕЗ НАНУ для відпрацювання процесів нанесення тонкоплікових покріттів на металічні і неметалічні підкладки методом електронно-променевого випарювання і конденсації речовини. З установкою "Випарювач" працювали три екіпажі радянських космонавтів (В. Рюмін, В. Ляхов, Л. Попов, В. Савініх і В. Ковальонок), і за три роки її функціонування було отримано понад 200 зразків різних покріттів на різних підкладках. Отриманий експериментальний матеріал дозволив не тільки сформулювати основні принципи виконання технологічних робіт у космосі, але й розгорнути дослідження та виготовлення окремих приладів в інших напрямках космічної технології. Зауважимо, що в орбітальному польоті не існує ідеальної невагомості, і всі експерименти практично виконуються в умовах мікрогравітації, величина якої залежить від розмірів і форми КК, режиму роботи системи керування, дій космонавтів. Тому, скажімо, для експериментів з росту кристалів і спрямованої кристалізації використовується режим гравітаційної стабілізації ОКС, під час якого відключено керування орієнтацією ОКС і не використовуються двигуни станції. В режимі гравітаційної стабілізації витягнуте тіло (комплекс "Салют" і два КК мав довжину близько 30 м) займає вертикальне положення у гравітаційному полі Землі, і в такому стані може довгий час здійснювати політ. Під час виконання експериментів з матеріалознавства, надчутливих до величини мікрогравітації, окрім використання режиму гравітаційної стабілізації ОКС, відключаються прилади, робота яких може викликати коливання ОКС, та навіть припиняється робота екіпажу.

Для підтвердження можливості створення космічної системи зв'язку у наднизькому частотному діапазоні радіохвиль, екіпажем ОКС "Салют-6" були започатковані унікальні експерименти, в ході яких космонавти дистанційно керували розкриттям великогабаритних конструкцій рамкових антенн розробки ІЕЗ НАНУ, які знаходилися на КК "Прогрес". Ці експерименти пізніше було продовжено в польотах ОКС "Салют-7" та "Мир".



"Випарювач-М"
("Іспаритель-М")

Зварювальна
космічна установка
"Вулкан".
Створена в ІЕЗ НАНУ.

На цій установці
екіпаж КК "Союз-6"
у 1979 р. виконав
перші технологічні
експерименти,
які стали початком
нового наукового
напрямку —
космічні технології.



Перша серія експериментів з космічної біології і медицини — впливу мікрогравітації і радіації на живі організми — була виконана ще в перші роки розвитку практичної космонавтики на борту ШСЗ (біосупутники серії "Космос"), КК серії "Восток", "Восход", "Зонд", "Союз", "Discoverer", "Biosatellite", "Apollo". Але найбільш ефективними стали експерименти на ОКС серії "Skylab" та "Салют", особливо під час довготривалих експедицій. Ці експерименти стимулювали розвиток клітинної біотехнології, гравітаційної та радіаційної біології, дослідження з функціонування екосистем, пребіотичного синтезу (вивчення походження та ранньої еволюції життя на планеті). Об'єктиами космічної біології були різні за складністю організми — бактерії, найпростіші, гриби, нижчі та вищі рослини, комахи, земноводні, риби, птахи, ссавці, *in vivo* та *in vitro*. За допомогою багатофункціональної медичної апаратури досліджувався вплив космічних факторів на працездатність і психологічну адаптацію космонавтів та фізіологічні процеси, які проходять в організмі людини під час польоту. Вагомий внесок в розробку і виконання радянської програми з космічної біології та медицини належить Інституту медико-біологічних проблем АМН колишнього СРСР під керівництвом О. Газенка.

В Україні пionерами в цій новій галузі досліджень стали вчені з Інституту фізіології ім. О. Богомольця під керівництвом В. Кордюма, а пізніше науковці Інституту молекулярної біології і генетики та Інституту ботаніки ім. М. Холодного НАН України, якими бу-

ло запропоновано перші експерименти з біології рослин в космосі. Починаючи з 1974 р., космічна програма біологічних досліджень українських вчених стає систематичною. В 1975 р. запроваджено експерименти "Ріст мікроорганізмів" за радянсько-американською програмою "Союз — Apollo", а вже на ОКС "Салют-6" була організована серія експериментів, підготовлених групою науковців з різних установ під керівництвом Є. Кордюмом. Були виконані різноманітні дослідження з бактеріями, вищими рослинами, культурами органів, тканин та клітин, в тому числі перспективний радянсько-чехословачький експеримент "Хлорела" (1976 р., отримання кількох поколінь водорості, яку космонавти можуть використовувати для харчування) та радянсько-в'єтнамський експеримент "Азола". Унікальний експеримент було виконано в 1981 р. — вперше в умовах космічного польоту зацвіли рослини резушки, від насіння до насіння якої проходить 40—45 діб. Спеціалісти Національного ботанічного саду НАН України підготували на ОКС "Салют" оригінальні експерименти з орхідеями (ріст, розвиток, анатомічна будова листків, вміст фітогормонів) та запровадили використання орхідей як елемент дизайну кабіни космонавтів КК, — вирішальна роль у постановці цих експериментів належить Т. Черевченко. Загалом українські вчені вперше застосували електронно-мікроскопічний метод біологічних досліджень в умовах космічного польоту. Їм належить пріоритет у відкритті гравічутливості рослинної клітини та встановленні загальних закономірностей біологічних ефектів мікрогравітації на рівні клітини та організму в цілому, в тому числі була виявлена тенденція до прискорення росту і диференціювання клітин в орбітальних умовах, яка веде до завчасного старіння і скорочення онтогенезу організму.

Ветеран космосу —
одноклітинна зелена водорость хлорела.
Культура хлорели
росла на орбіті
в 17 космічних експериментах
тривалістю від 4.5 діб до 1 року
(Інститут ботаніки НАНУ)



У квітні 1982 р. Радянський Союз запустив нову ОКС "Салют-7", яка у конструктивному відношенні була модифікованим варіантом "Салют-6". У першу чергу, замість зварного стикувального вузла було встановлено фрезерний, що забезпечило стикування станції з більш важкими кораблями. Було покращено комфортабельність та оптимізовано операційний простір робочого відсіку, що дозволяло одночасно працювати на станції вже шести космонавтам. Вперше було заплановано дооснащення сонячних батарей за рахунок монтажу додаткових панелей. Було підвищено оптичні характеристики ілюмінаторів, удосконалено службові системи тощо. На станції з'явилася нова апаратура: рентгенівський телескоп, нові електропечі "Кристал" для отримання чистих кристалічних матеріалів та біотехнологічна установка "Таврія".

Перша експедиція на ОКС "Салют-7" у складі космонавтів В. Лебедєва і А. Березового відпрацюва-

ла на станції 211 діб (13 травня – 10 грудня 1982 р., новий рекорд перебування у космосі). Під час їхнього польоту у космосі відбулося сім стикувань з КК (трьо-ма серії “Союз Т” і чотирма вантажними серій “Прогрес”), одне перестикування КК та 15 корекцій орбіти. 25 червня – 2 липня 1982 р. на ОКС у складі екіпажу КК “Союз Т-6” (космонавти В. Джанібеков, А. Іванченков) побував перший космонавт Західної Європи, француз Жан-Лу Кретьєн. Космонавти виконали де-сять експериментів з біомедицини, матеріалознавства та астрофізики за французькою науковою програмою космічних досліджень. 19–27 серпня 1982 р. відбувся політ третьої експедиції до ОКС, у складі якої разом з космонавтами Л. Поповим і О. Серебровим (КК “Союз Т-7”) працювала друга жінка-космонавт Світлана Савицька. 1983 р. на стартовому майданчику космодрому Байконур ледь не трапилася аварія під час запуску КК “Союз Т-8”. На щастя, система захис-ту врятувала життя членів екіпажу В. Титова і В. Стрекалова. Наступною за програмою польотів на “Салют-7” була експедиція у складі космонавтів В. Ляхова і О. Александрова (КК “Союз Т-9”, 27 червня – 23 листопада 1983 р.). 8 лютого 1984 р. радянські космонавти Л. Кизим, В. Соловйов і О. Атьков на КК “Союз Т-10” успішно стикувалися з ОКС “Салют-7”, на якій потім перебували 236 діб, встановивши новий рекорд тривалості польоту. Космонавти Л. Кизим і О. Атьков здійснили шість виходів у відкритий кос-мос загальною тривалістю 23 год. Цей екіпаж “Салют-7” прийняв дві короткострокові експедиції. Під час польоту КК “Союз Т-11” (3–11 квітня 1984 р.) на ОКС разом з космонавтами Ю. Малишевим і Г. Стрекаловим перебував космонавт Індії Р. Шарма. Серед восьми експериментів за радянсько-індійською програмою, на яких ми ще зупинимося, Р. Шарма виконав оригінальний експеримент з вивчення ефективності вправ за системою йоги для профілактики зни-ження м'язового тонусу та впливу невагомості на вес-тибулярний апарат людини. 17–29 червня 1984 р. на станції працював також екіпаж КК “Союз Т-12”, кос-монавти В. Джанібеков, С. Савицька та І. Волк. С. Савицька стала першою жінкою, яка здійснила вихід у відкритий космос. У червні 1985 р. радянські ветерани космонавтики В. Джанібеков і В. Савініх провели ремонт енергетичної системи ОКС

Екіпаж ОКС “Салют-7”
у складі Р. Шарма,
Г. Стрекалов,
Ю. Малишев
готується
до космічного експерименту
“Переохолодження”

“Салют-7”, завдяки чому було відновлено функціону-вання станції після її майже піврічної бездіяльності. 17 вересня 1985 р. на КК “Союз Т-14” стартувала ос-тання експедиція на ОКС – космонавти В. Васютін, Г. Гречко та О. Волков, під час перебування якої на станції відбулася часткова заміна екіпажів космо-навтів. 21 листопада 1985 р. остання експедиція кос-монавтів повернулася на Землю.

Загалом станцію “Салют-7” відвідало десять екіпажів космонавтів та 13 вантажних кораблів “Прогрес”, які доставили біля 25 т обладнання і пали-ва. Наприкінці 1986 р. ОКС “Салют-7” припинила свою роботу. Її демонтаж у 1991 р. був дещо невдалим – 40-тонна ОКС “Салют-7” впала в Атлантичний оке-ан. До речі, як і демонтаж 77-тонної американської ОКС “Skylab”, що у 1979 р. ухилилася від заданої орбіти та розвалилася на 15 тисяч уламків над територією Австралії.

Оригінальні ідеї і розробки українських вчених було втілено в проектах, що виконувалися на ОКС “Салют-7”. Так, було значно розширене можливості напівпромислової установки “Випарівач-М”, виго-товленої в ІЕЗ НАН України. В роботі брали участь спеціалісти Харкова, Києва і Ленінграда. Космонавти Л. Кизим, В. Соловйов і О. Атьков виконали на уста-новці серію тонких технологічних експериментів з ви-паровування і осаджування багатокомпонентних металевих матеріалів у космосі. Індійський космонавт Р. Шарма брав участь в оригінальному експерименті “Переохолодження”. В ході експерименту сферичні відливки сплаву германію і срібла діаметром 3 мм, які вільно (не доторкуючись стінок тигля) “плавали” у невагомості і вакуумі, були розплавлені променем електронної “гармати” і закристалізовані з метою от-римання злитків аморфних металевих матеріалів.



Відмітимо, що підвищення якості напівпровідникових і композиційних матеріалів є однією з пріоритетних задач матеріалознавства. Але в земних умовах вплив гравітаційного поля створює ускладнення на цьому шляху. А саме, термічна і концентраційна конвекція накладає обмеження на рухи атомів матриць і легованих домішок під час кристалізації напівпровідниківих монокристалів. Це приводить до появи неоднорідностей у розподілі домішкових атомів і структурних дефектів біля фронту кристалізації та до зміни власне режиму кристалізації. Гравітація також впливає на седиментацію композитних матеріалів, що приводить до погіршення їхньої якості. Тому умови мікрогравітації і високого вакууму, характерні для космічного польоту, можна ефективно використовувати для матеріалознавчих досліджень. Одним з них є безтильна зонна плавка напівпровідниківих монокристалів, легованих елементів, надгністих металів і композитів. Характеристики напівпровідниківих кристалів і композитів, отриманих у космічних експериментах, близькі до теоретично передбачених. Такі розробки були виконані в Інституті металофізики ім. Г. В. Курдюмова та інших установах НАН України.

Для виконання термінових ремонтних робіт, коли потрібне безпосереднє втручання космонавта, в ІЕЗ НАНУ було також створено універсальний ручний електронно-променевий інструмент (УРІ). На ОКС "Салют-7", під час свого другого перебування у космосі в 1984 р., космонавти С. Савицька і В. Джанібеков виконали за допомогою УРІ низку операцій з різання, зварювання, пайки та нанесення покриттів на зразки, перебуваючи у відкритому космосі на спеціально змонтованому зварювальному посту. Той факт, що жінка-космонавт успішно працювала у відкритому космосі з електронним променем і розплавленим металом, зламав недовіру у скептиків, які

Світлана Савицька – перша жінка, яка вийшла у відкритий космос. Виконує експеримент зі зварювання металевих зразків із застосуванням універсального ручного електронно-променевого інструмента, знаходячись на спеціальному зварювальному посту за бортом ОКС "Салют-7" (1984 р.)



сумнівалися в самій можливості виконання зварювальних і споріднених технологій у космосі. Аналіз робіт, виконаних С. Савицькою і В. Джанібековим, дозволив космонавтам Л. Кизиму і В. Солов'йову в 1986 р. виконати ще складніше ручне зварювання і пайку окремих вузлів фермових конструкцій на зовнішній поверхні ОКС. Під час їхнього перебування у космосі було здійснено експеримент "Маяк" з розкриття та складання шарнірно-стержневої конструкції довжиною 13 м. Цей експеримент вимагав від розробників з ІЕЗ НАНУ принципово нових методів монтажу великовагових космічних конструкцій у космосі (великовагові конструкції – це вироби, маса і розміри яких не дозволяють виводити їх на робочі орбіти за допомогою РН у повністю зібраному вигляді). Для створення і експлуатації таких конструкцій потрібно не тільки використовувати нові види зварювання і нероз'ємного сполучення матеріалів, оптимізувати зовнішній вигляд, але й розробити нову монтажну апаратуру для їхнього виготовлення у глибокому вакуумі і безопірному просторі за умови край обмежених можливостей операторів. Для відносно простих конструкцій ідеальним варіантом є виготовлення їх повністю на Землі і подальше розгортання і фіксація у космосі. Для складніших і багатофункціональних великовагових конструкцій оптимальним варіантом є поелементне збирання конструкції безпосередньо на орбіті і навіть виготовлення там окремих елементів. З цією метою в ІЕЗ НАНУ був виготовлений спеціальний агрегат-стапель. Він дозволяє збирати і зварювати в космосі потужні силові фермові каркаси висотою близько 3 м і практично необмеженої довжини, яка визначається лише запасом конструктивних елементів, котрій може поповнюватися.

Оригінальні астрофізичні дослідження (планет,



Експеримент "Маяк"

зірок) було виконано за програмою “Пирамиг” під час перебування французького космонавта на борту “Салют-7”. Зазначимо, що для їхнього проведення необхідна точна орієнтація орбітального комплексу і наведення апаратури на обраний об’єкт дослідження, яка була реалізована за допомогою автономної навігаційної системи “Дельта”. Під час спостережень, окрім засвітки від Місяця і планет, перешкодами можуть стати спалахи від роботи двигунів, тому їхні імпульси мусять бути досить короткими. Такий режим двигунів може забезпечити тільки майстерність космонавтів.

Важливим для життєдіяльності екіпажу став також цей експеримент: у польоті ОКС “Салют-7” радянські космонавти вперше випробували нову систему харчування, яка вже дозволяла їм бути вільнішими у виборі продуктів. Тепер продукти стали доставлятися і зберігатися на радянських ОКС в окремих блоках, космонавти самі комплектували меню, а група спеціалістів медичного контролю на Землі тільки відслідковувала збалансованість раціону харчування. До речі, під час відвідин ОКС міжнародними екіпажами стало зрозумілим, що “національні” продукти харчування є одним із засобів психологічної підтримки людини в польоті.

На ОКС “Салют-7” космонавти виконали серію біологічних і медичних експериментів, вдосконалюючи технологію космічного рослинництва. Біологічні експерименти українських вчених стосувалися досліджень здатності культур тканин рослин до морфогенезу та культур органів картоплі до утворення мінібульб. Продовжувалися експерименти з орхідеями, культурами протопластів моркви. В експериментах зі щурами, тритонами та культурою остеобластів мишій досліджувалася тонка структура елементів кісткової тканини та вміст кальцію. Для біотехнологій у космосі, як і для технологій отримання нових напівпровідниківих і композиційних матеріалів, велику роль відіграє позитивна дія мікрогравітації на електрофоретичний процес кристалоутворення. Колективами вчених Кримського медичного інституту та Центру біомедичних проблем були підготовлені експерименти з електрофоретичного розділення біосистем для одержання високоочищених генноінженерних препаратів (інтерферон, інсулін, вірусні білки) та виділення штамів мікроорганізмів для виготовлення лікарських препаратів.

Згадувані біологічні експерименти, які проводилися українськими біологами з 1974 р. на КК “Союз” та ОКС серії “Салют”, вивели Україну на початку 1990-х років до числа світових лідерів з комплексного дослідження біології клітин в умовах космічного польоту.

Завершуючи короткий огляд історії ОКС “Салют-6, -7”, зазначимо, що польоти міжнародних екіпажів на ОКС в 1976–1984 рр. за програмою “Інтеркосмос” та двостороннього співробітництва СРСР з Францією та Індією стали яскравим прикладом плідної кооперації багатьох країн в космічних дослідженнях.

Екіпажі ОКС “Салют-6,7”



Удосконалення космічної техніки привело до створення принципово нових КА. В 1977 р. в США в ході п'яти випробувань була відпрацьована схема запуску нового КК багаторазового використання "Space Shuttle Enterprise". Конструкція КК "Space Shuttle" складається з трьох основних елементів: багатомісний модуль "Orbiter", в якому розміщаються астронавти і науково-технологічний вантаж; модуль "External Tank" зі всіма паливними баками для основних рідинно-паливних двигунів (SSME) модуля "Orbiter"; два твердопаливних розгінних блоки (SRB — "рушниця", як їх назвали астронавти), що забезпечують додаткову можливість для всього КК досягнути висоти вище 45 км над Землею.

Американська програма з використанням нової схеми запуску КК увінчалася успіхом у 20-ту річницю польоту Ю. Гагаріна: 12 квітня 1981 р. Дж. Янг і Б. Кріппен здійснили перший пілотований політ на КК "Space Shuttle Columbia". У листопаді цього ж року КК "Space Shuttle Columbia" з астронавтами Д. Трулі і Дж. Інглем знову побував у космосі. А у 1982 р., після серії успішних випробувань КК "Columbia", НАСА проголосило, що космічна транспортна система "Space Shuttle", яка дозволяє запускати групові екіпажі у космос, взята на озброєння космічної галузі США. У листопаді 1982 р. КК "Space Shuttle Columbia" здійснив свій п'ятий політ вже з чотирма астронавтами на борту. У квітні 1983 р. новий американський транспортний КК "Space Shuttle Challenger" виконав шість польотів, а в червні, у складі екіпажу з п'ятьма астронавтами, у космосі побувала перша американська жінка-астронавт д-р С. Райд. Наприкінці листопада 1983 р. КК "Space Shuttle Challenger" виводить на орбіту першу Європейську космічну лабораторію, в екіпажі якої перебував перший астронавт ЄКА У. Мерболд. В лютому 1984 р. НАСА проводить свій знаменитий експеримент на орбіті, у якому астронавт Б. Мак-Кендлес став першою людиною-супутником у космосі: за допомогою керованого маневрувального апарату він пролетів поруч з КК "Space Shuttle Challenger", який рухався в автопілотному режимі. 30 серпня 1984 р. відкриває свою історію вахтових польотів КК "Space Shuttle Discovery", а 3 жовтня 1985 р. — КК "Space Shuttle Atlantis".

"Space
Shuttle
Atlantis"



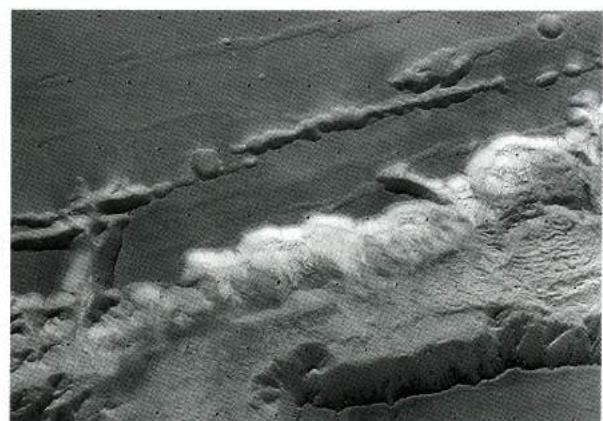
Астронавт
Брюс Мак-Кендлес —
перша
людина-супутник.
Керуючи
маневрувальним апаратом,
він летить поруч
з КК "Space Shuttle Challenger"
(1984 р.)

Наприкінці 1970-х років якісно нових обрисів дістала наукова програма досліджень Сонячної системи космічними засобами.

Успішнimiми i бiльш повномасштабними стали дослiдження Марса за допомогою американських АМС "Viking-1, -2", виконанi 1976 р. Навколомарсiанськi орбiтальнi апарати вивчили поверхню планети, а посадочнi ступенi детально дослiдили склад марсiанського ґрунту. З'ясувалося, що процеси кратероутворення у пiвнiчнiй i пiвденнiй пiвкулях значно вiдрiзняються. Ознак життя, на що так сподiвалися автори проекту, виявленo не було. Проте з'явилася надiя, що на цiй планетi в ранню епоху її iснування було багато води, а можливо, були i зародки життя. Цiкаво, що автори програми передбачали лише тримiсячне використання АМС "Viking-1, -2", але спецiалiсти НАСА продовжували керувати апаратами майже шiсть рокiв.



Загальна мозаїка зображень Марса, виконаних КА "Viking-1 Orbiter" 22 лютого 1980 р. з умовної висоти 2500 км. В центрі знімка – Долина Марінеріс довжиною 3000 км і висотою до 8 км, від центральної і східної частини якої пiднiмаються марсiанськi канали вверх на пiвнiч, у напрямку темної зони – Acidalic Planetia; злiва на знiмку – три вулкани району Тарсiс



Початок формування гiгантського пiщаного штурму в районi Чудес. Знiмок, виконаний КА "Viking-2 Orbiter", охоплює частину планети розмiром близько 1400 км

Загальний вигляд, супутника Марса Фобоса, виконаний КА "Viking-1". Злiва – кратер Стiкнi дiаметром 10 км, навколо якого видно радiальнi жолоби i ланцюги кратерiв



Мiсце посадки КА "Viking-1 Lander" – район Пiщаних Рiвнин. Автоматична "рука" КА вирила численнi канавки для забору зразкiв марсiанського ґрунту i проведення бiологiчних експериментiв. Частина зразкiв ґрунту була захоплена з бiльшої глибини марсiанськoi поверхнi. Злiва видно антenu з метеорологiчними датчиками



Дослiдження Венери досягли апогeю у 1978 р., коли флотилiя радянських АМС "Венера-11, -12" i американських АМС "Venus-1, -2" досягла планети i залишила у рiзних мiсцях її поверхнi автоматичнi зонди.



Український астроном К. Всехсвятський, який передбачив наявність кільцевої системи Юпітера

Аналіз зображень, які були передані з КА на Землю, дозволив отримати невідомі раніше дані про Сонячну систему. З'ясувалося, що знаменита Велика Червона Пляма Юпітера (хмарове утворення, яке за розмірами втрічі більше за Землю) має вихрову турбулентну природу, а атмосферна циркуляція на Юпітері нагадує рух атмосферних течій, які утворюються над земними океанами. Дослідження чотирьох найбільших (галілеевих) супутників Юпітера, що виконав “Voyager-1”, отримали назву “Нова Сонячна система”: супутник Каллісто виявився найбагатшим на кратери серед відомих небесних тіл, поверхня Ганімеда являє собою суцільній лід, Європа покрита льодяними айсбергами, а на Іо йде активна вулканічна діяльність. “Voyager-1” відкрив кільце навколо Юпітера, а “Voyager-2” передав їхні прямі телевізійні знімки. Наявність кільцевої системи у Юпітера і можливість вулканічної діяльності на його супутниках була передбачена українським астрономом С. Всехсвятським на основі розробленої ним еруптивної теорії походження тіл Сонячної системи. Дані, отримані КА, довели, що магнітосфера Юпітера є найпотужнішою в Сонячній системі, а сильний електричний струм (мільйон ампер), який протікає між Юпітером і його супутником Іо, є результатом їхньої магнітної взаємодії.

КА “Pioneer-11” упродовж своєї видатної місії вперше 1979 року досяг Сатурна і передав інформацію про склад його кільцевої системи. Важливим етапом досліджень планет Сонячної системи стала американська наукова програма, виконана КА “Voyager-1” і “Voyager-2”. У 1978–1981 рр. за їхньою допомогою почалося всебічне вивчення найвіддаленіших планет-гігантів. При плануванні фантастичного польоту цих КА було взято до уваги рідкісне астрономічне явище: зовнішні планети Сонячної системи в середині 1970-х років будуть розташовані таким чином, що КА зможуть пролетіти по черзі повз Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун, використовуючи гравітаційне поле кожної з планет для надання необхідної швидкості польоту до наступної з них (“міжпланетний більярд”). КА “Voyager-1, -2”, стартувавши 1977 р., провели дослідження Юпітера і його супутників 1979 р., Сатурна – у 1980–1981 рр. Наукова програма КА стосувалася у першу чергу вивчення Юпітера і Сатурна. Але задовільний технічний стан обох КА дав можливість НАСА переглянути програму та спрямувати їхній політ до Урана і Нептуна. Траєкторія КА “Voyager-1” була спрямована таким чином, щоб він пролетів якомога ближче до великого супутника Сатурна – Титана. Але потім, під дією гравітації Сатурна, КА “Voyager-1” вийшов за межі екліптики – площини, в якій обертаються навколо Сонця всі планети (за винятком Плутона), – і продовжив свій рух за межі Сонячної системи.



Перші докази наявності кільцевої системи Юпітера, товщина кілець менше 30 км, діаметр Юпітера – 143 тис. км, діаметр кільця – 250 тис. км. (“Voyager-1”)

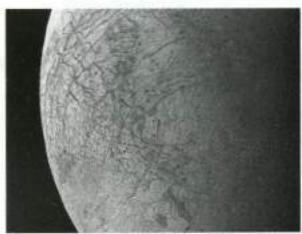
Зображення Юпітера і його Великої Червоної Плями (“Voyager-2”)



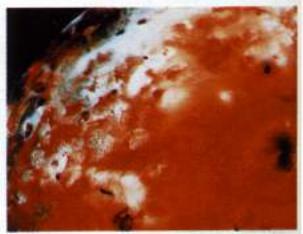
Супутник Юпітера Калісто з відстані 1220 тис. км. Діаметр супутника - 4800 км, яскрава кругова структура на лівому боці супутника – область Валхалла – має розмір 1500 км (“Voyager-1”)



Ганімед – найбільший супутник в Сонячній системі (діаметр 5300 км). Знімок виконано з відстані 1220 тис. км КА “Voyager-2”, темна область Галілея зверху справа має розміри 1500 км



Знімок західної півкулі Європи, виконаний КА “Voyager-2” з відстані 255 тис. км. Плавні лінійні деталі поверхні супутника, що свідчать про складну тектонічну еволюцію супутника, охоплюють область розміром 3120 км



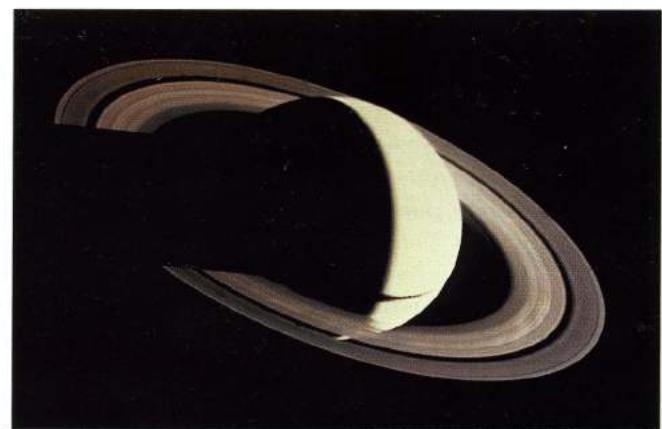
Знімок Іо, виконаний КА “Voyager-1” з відстані 337 тис. км. Діаметр супутника 3600 км, найменші деталі на знімку мають розмір 10 км. Коловорові області свідчать про наявність вулканічної діяльності на супутнику, темні області – місцезнаходження вулканів

Подальші дослідження Сатурна, проведені КА у 1980–1981 рр., стали ще більш сенсаційними. Із Землі чітко видно три кільця Сатурна, які, як здавалося, сформувалися внаслідок захоплення гравітаційним полем планети уламків її супутників. КА "Voyager-1" відкрив тисячі (!) кілець Сатурна, включаючи такі, які спостерігалися з Землі як щилини між кільцями. Топологія деяких кілець настільки складна, що, здається, кидає виклик відомим законам природи. Пізніше ці ефекти було пояснено впливом невеликих супутників Сатурна та ефектами їхньої магнітної взаємодії з планетою. Дослідження Титана показало, що він нагадує Землю, якою вона була кілька мільярдів років тому в час народження життя. На Титані знайдено такі органічні речовини, як метан та етан. Телекамерам КА не вдалося розглядіти поверхню Сатурна крізь його потужну атмосферу оранжового кольору. КА зафіксував наявність невеликого льодяного супутника Сатурна, названого Тетусом, діаметр якого всього 960 км.

Водночас завдяки вдосконаленню наукової апаратури КА для досліджень космосу в різних довжинах електромагнітних хвиль значно збагатилося наше уявлення про далекий Всесвіт. НАСА і ЄКА розпочали розробку нової серії космічних орбітальних обсерваторій.

У серпні 1978 р. був запущений КА "Einstein" (HEAO-2, High Energy Astronomical Observatories), який протягом двох з половиною років за допомогою рентгенівського телескопа збільшив кількість зареєстрованих рентгенівських джерел до декількох тисяч. Найбільшим відкриттям, зробленим обсерваторією "Einstein", став факт, що більшість зір випромінюють у рентгенівському діапазоні і, таким чином, відповідають за фонове рентгенівське випромінювання, природа якого не була відомою до цієї місії. У травні 1983 р. ЄКА за допомогою РН "Ariane" вивело на орбіту потужніший рентгенівський телескоп EXOSAT. Серед його здобутків відмітимо дослідження рентгенівських подвійних зір, включаючи сонцеподібну зорю AR Lac, рентгенівське випромінювання якої пов'язують з процесами утворення плям, подібних до сонячних. У 1979 р. КА НАСА HEAO-3 виконав моніторинг гамма-випромінювання Всесвіту, що дозволило зробити важливий висновок: більшість галактичного гамма-випромінювання обумовлена космічними променями. КА дослідив також екзотичну подвійну систему SS433, випромінювання від якої надходить зі швидкістю у чверть швидкості світла.

Найбільш довготривалим та успішним став політ космічної ультрафіолетової обсерваторії IUE



Знімок Сатурна і його кільцевої системи з відстані 5,3 млн км ("Voyager-1", 6 листопада 1980 р.)

(International Ultraviolet Explorer), створеною спільно Великобританією, НАСА і ЄКА. Запущений у січні 1978 р., КА "IUE" став першим великим міжнародним астрономічним супутником на геостаціонарній орбіті і встановив рекорд функціонування на орбіті — близько 10 років. Було досліджено широке коло об'єктів і явищ: "чорні діри" в активних галактичних ядрах, різноманітні фази формування міжзорянного середовища та зоряного вітру, планети Сонячної системи, комета Хіякутаке. У лютому 1987 р. прилади IUE вивчали вибух Наднової зірки SN1987A — першої Наднової за три останні сторіччя, яка була видима неозброєним оком.

В 1983 р. розпочався найпотужніший радянський ультрафіолетовий експеримент "Астрон" — космічні дослідження за допомогою бортового 80-см УФ-телескопа. На цей час лише в експерименті "Copernicus" використовувався телескоп з таким великим дзеркалом. "Астрон" став першим УФ-телескопом на високій орбіті, яка виходила далеко за межі магнітосфери Землі. На борту КА "Астрон" знаходився також рентгенівський телескоп для спостережень дискретних джерел рентгенівського випромінювання. В проекті "Астрон" серед інших приймали участь українські вчені з КРАО та НІКВКЗ у м. Євпаторії. В 1983–1989 рр. за допомогою "Астрона" було досліджено зорі різних типів, позагалактичні системи, дифузні туманності нашої Галактики, фізичні процеси у кометі Галлея. Завдяки цьому експерименту радянські вчені набули великого досвіду астрофізичних досліджень у космосі.

25 січня 1983 р. було здійснено запуск супутника IRAS, головною задачею якого стало дослідження Всесвіту в інфрачервоному діапазоні протягом 300 діб. Цей діапазон є майже недоступним для спостережень з Землі, і в ньому найтемніші об'єкти Всесвіту стають видимими. Прості інфрачервоні детектори вже використовувалися на радянських ОКС серії "Салют" у 1970-х роках, але IRAS став першим спеціалізованим супутником для інфрачервonoї астрономії. Це був спільний проект США, Нідерландів та Великої Британії, які розробили інфрачервоний телескоп і охолоджувач з рідким гелієм для мінімізації його теплової взаємодії безпосередньо з КА. Телескоп працював до листопада 1983 р., що дало змогу створити велику базу даних про 200 тисяч джерел інфрачервоного випромінювання. Серед них найцікавішими є області зореутворення, виявлені КА за певними характеристиками пилу, який складається здебільшого з вуглецю: останній поглинає світло і перевипромінює його в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. Після інтенсивної фази народження зорі залишковий пил і газ можуть сформувати протопланетну хмару, подібну до тієї, з якої виникли планети Сонячної системи. Аналіз даних КА IRAS дозволив астрономам остаточно укріпитися в думці, що формування планет є звичайним процесом в житті Всесвіту.

Продовжувалися дослідження планет Сонячної системи. У 1982 р. радянські АМС "Венера-13, -14" передали на Землю перші кольорові телевізійні знімки поверхні Венери та виконали хімічний аналіз її ґрунту, а у 1984 р. АМС "Венера-15, -16" вийшли на венеріанську орбіту і провели радарне картографування, відкривши венеріанські гори, кратери та області вулканічної діяльності. З'явилось твердження, що поверхня Венери могла сформуватись у результаті тектонічних зсувів, подібно до тих, які відбувалися на Землі.



Космічна обсерваторія IRAS стала тріумфом міжнародної наукової співпраці, вперше виконавши повний огляд неба в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль випромінювання (1983 р.). На фронтальній частині КА видно спеціальний захисний екран від шкідливого впливу сонячного світла



Північ України за телеметричними даними супутника "Landsat".

У південному кінці Київського водосховища знаходиться Київ

У червні 1983 р., американський КА "Pioneer-10" вперше досяг Нептуна, після чого, завершивши свою 11-річну місію першопроходця планет, продовжив свій рух за обрії Сонячної системи.

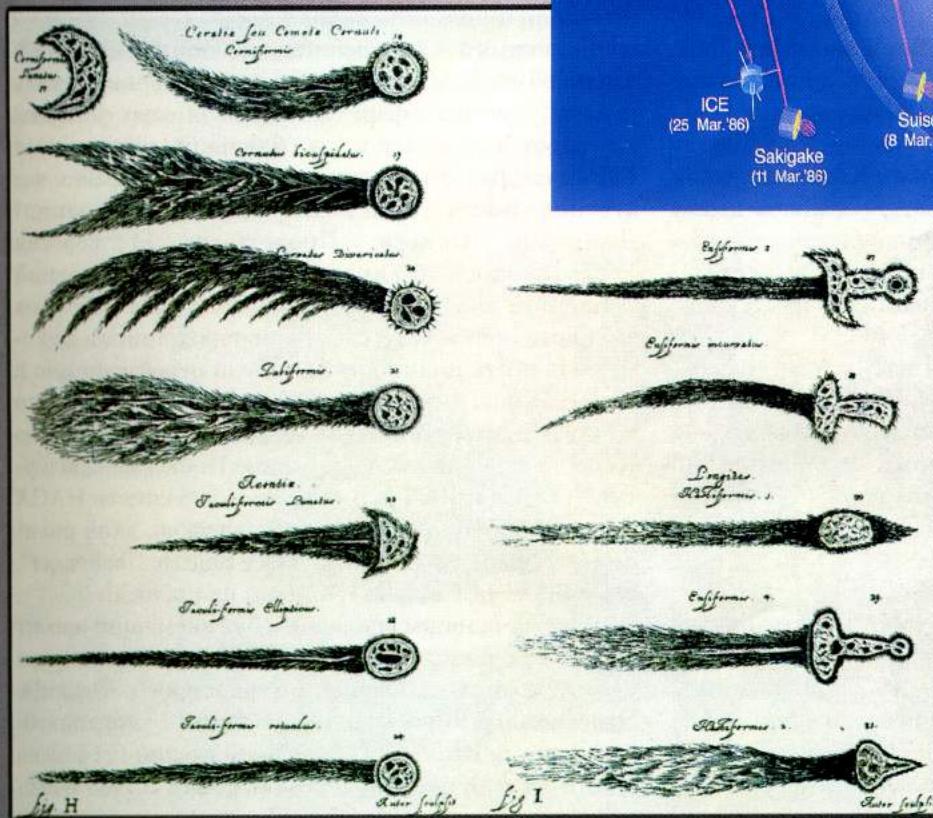
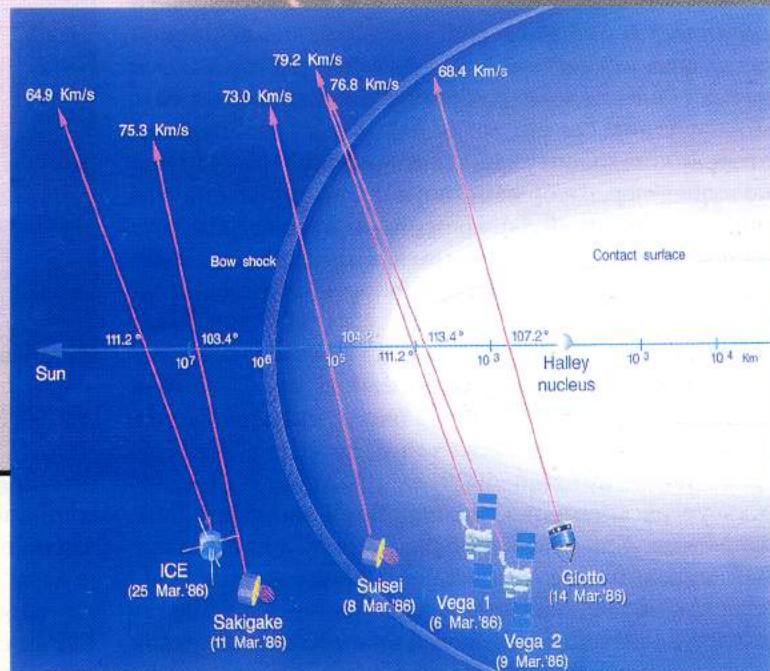
У першій половині 1980-х років широкого розвитку набули космічні програми прикладного характеру. Дослідження морів і океанів, лісів, земного ґрунту, запасів кормів, підземних вод, нафтогазоносності,rudopроявлень, геологічна зйомка, картографічні й метеорологічні дослідження проводилися за допомогою апаратури, встановленої на ОКС, КК "Союз", американських супутниках "Landsat" тощо. В цей час як ніколи раніше пролунали заклики керівників держав, діячів науки і культури до мирного використання космосу.

В 1984 р. НАСА оголосило про початок роботи з побудови першої міжнародної космічної станції. А наступним головним науковим проектом світової космічної спільноти стала підготовка експериментів для досліджень знаменитої комети Галлея.

Кометний марафон

1985 — 1986

Космічна армада досліджує комету Галлея (за матеріалами IHW)



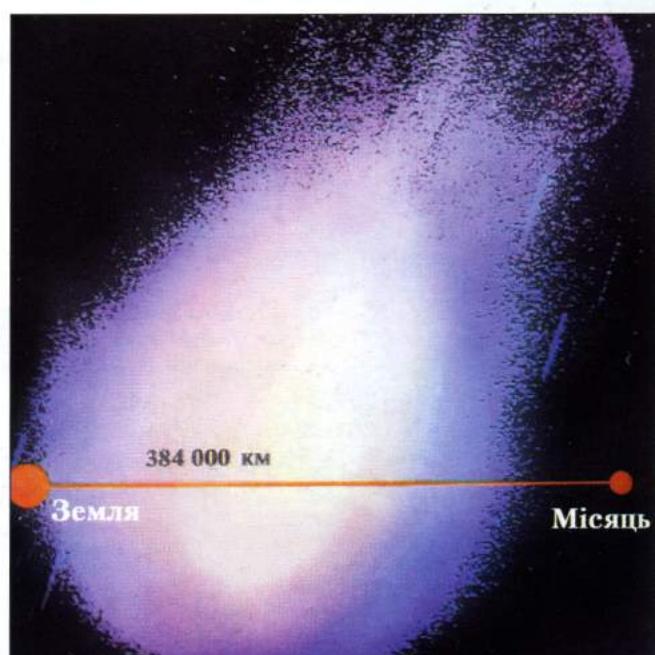
Класифікація кометних форм за Гевелісом (XVIII ст.)

На початку 1980-х років науковці і космічні агентства всього світу вперше об'єдналися, щоб виконати наземну та космічну програму з дослідження комет — небесних тіл, які не перебувають постійно у Сонячній системі. Причиною підвищеного інтересу до вивчення комет є в першу чергу те, що вони містять у собі той первісний матеріал, з якого сформувалась Сонячна система. До 1986 р. земляни спостерігали тільки 750 комет. Серед них найзнаменитішою є комета Галлея, період обертання якої навколо Сонця дорівнює 76 рокам. Комета Галлея названа на честь англійського астронома Е. Галлея, який обчислив її орбіту і передбачив появу у 1759 р. Одне з перших відомих її спостережень було виконано у китайському місті Ксіан у 240 р. до н. е. А під час її появи в 1910 р. астрономи всього світу намагалися скординувати зусилля з її наземних спостережень, але не змогли остаточно узгодити між собою права на отримання даних (!). Крім того, в ті роки ще не існувало таких міжнародних союзів, як МАС. Щоб запобігти повторенню такої ситуації, ще наприкінці 1970-х років почалися переговори зі створення такого міжнародного органу, який би координував спостереження нового проходження комети Галлея в середині 1980-х років. Було створено організацію “Міжнародна вахта комети Галлея” (МВКГ), яку МАС затвердив у 1982 р. Регіональною частиною МВКГ була радянська програма наземних спостережень комети (РАПРОГ), яку очолював Я. Яцків (ГАО НАНУ).

Зустріч космічних кораблів Землі з кометою було заплановано на 1985–1986 рр. Для вирішення складної науково-технічної задачі — прямої зустрічі КА з кометою та спостережень її з космосу — ще у 1981 р. чотири космічні агентства створили Консультативну групу космічних агентств (КГКА). Завдяки цьому вперше було встановлено співробітництво між НАСА, ЄКА, “Інтеркосмосом” та Японським інститутом дослідження космосу і аeronautики (ІКДА).

16 жовтня 1982 р. за допомогою 5-м телескопа обсерваторії Маунт Паломар (США) була зафікована поява комети Галлея. Комета рухалася далеко за орбітою Сатурна, ледь помітна у наземний телескоп (її видима яскравість була у 25 мільйонів разів менше яскравості об'єкта, що спостерігається неозброєним оком).

Марафон космічних апаратів до комети Галлея за схемою КГКА розпочався у грудні 1984 р. запуском космічних апаратів ВЕГА-1, -2, після чого у 1985 р. естафетна паличка була передана японським КА “Suisei” (“Комета”) і “Sagikake” (“Піонер”) та КА ЄКА “Giotto”. Незапланованою, але визначеною, як зразу ж з'ясувалося, стала участь у марафоні



Голова комети Галлея і газовий “пухир” в її хвості (знімок виконано К. Чурюмовим і Ф. Рспаєвим 17 грудня 1985 р.)

міжнародного космічного зонда ISSE-3, запущеного НАСА раніше для моніторингу стану плазми у магнітосфері Землі. Після серії складних маневрів і прольоту на близькій відстані від Місяця, траєкторію зонда було спрямовано на зустріч іншій кометі — періодичній кометі Джакобіні–Ціннера. Пролетівши 11 вересня 1985 р. крізь її пиловий хвіст, міжнародний космічний зонд ISSE-3 “дивовижно для себе і на заздрість іншим КА”, став першопрохідником до комет. На честь цієї події його було переіменовано в “International Cometary Explorer” (ICE) і включено в естафету КА до комети Галлея. Згідно із схемою КГКА зустріч всіх КА з кометою Галлея мала відбутися у березні 1986 р. Для дослідження комети НАСА також розробило орбітальний телескоп, який повинен був працювати на КК “Space Shuttle Challenger”. На жаль, через аварію КК цього не сталося.

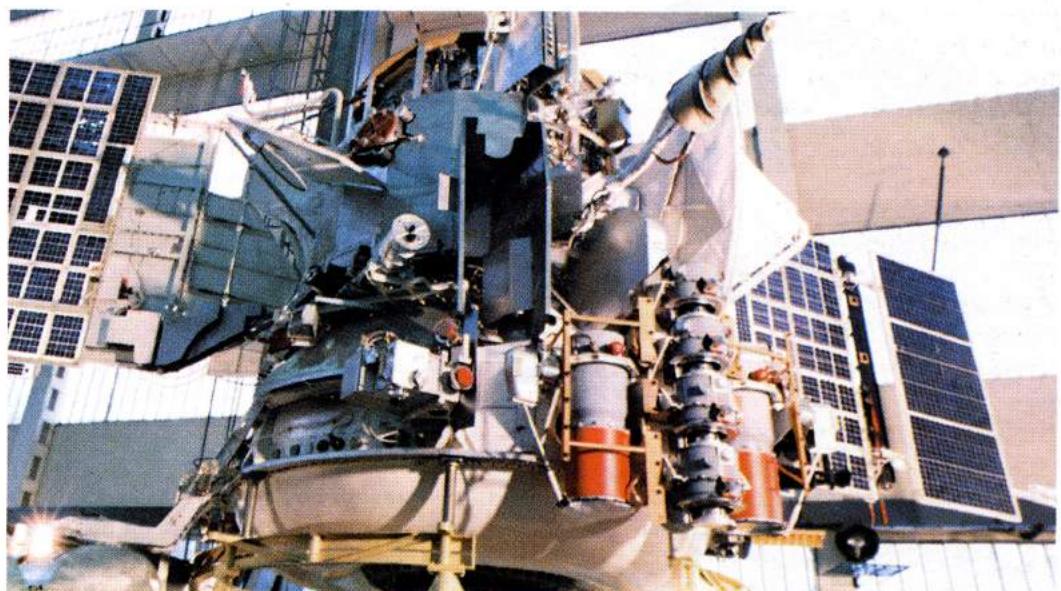
Нетривіальним і складним був космічний проект “Венера — комета Галлея” (ВЕГА), в якому брали участь країни — члени “Інтеркосмосу”, Франція, Німеччина та інші країни. Ідеологом і координатором проекту ВЕГА був російський вчений Р. Сагдеев (Інститут космічних досліджень РАН). Згідно зі схемою проекту два КА ВЕГА-1, -2 один за одним у

грудні 1984 р. полетіли до Венери, де залишили французькі аеростатні зонди, рух яких у венеріанській атмосфері відслідковували радіотелескопи та наземні станції далекого космічного зв'язку НАСА. Після виконання планетної місії КА ВЕГА-1, -2 мали зустрітися з кометою Галлея, пройшовши загальний шлях довжиною біля 1 млрд км. Згідно з технічним завданням проекту ця зустріч мала відбутися на відстані 150 млн км від Землі і близько 10 тис. км від ядра комети при відносній швидкості зустрічі 80 км/с. Для успішного виконання програми потрібно було об'єднати зусилля багатьох обсерваторій світу з визначення координат комети Галлея і обчислення її ефемериди. Під керівництвом ГАО НАН України за програмою РАПРОГ у цій роботі було задіяно біля 30 радянських спостережних станцій. Завдання було виконано: ВЕГА-1 і ВЕГА-2 пролетіли відповідно 6 і 9 березня 1986 р. поблизу ядра комети на відстані 9 і 8 тис. км і передали інформацію про положення комети з точністю ± 50 км. Використавши дані про положення КА ВЕГА, які були отримані американськими станціями далекого космічного зв'язку з точністю ± 40 км, науковці здійснили унікальний проект "Лоцман", метою якого було забезпечення якнайближчого прольоту КА ЄКА "Giotto" біля комети Галлея. Внаслідок тісної співпраці спеціалістів "Інтеркосмосу", НАСА і ЄКА у край обмежений проміжок часу, коли КА ВЕГА-1, -2 знаходилися біля комети, вдалося націлити КА "Giotto" на комету Галлея з безprecedентною точністю ± 50 км, тобто у 10 разів точніше, ніж у випадку, якби навігація базувалася тільки на наземних спостереженнях. Дійсно, КА "Giotto" пройшов 14 березня 1986 р. всього у межах

± 15 км від розрахункової точки, тобто на відстані всього 605 км від льодяного ядра комети. На борту КА серії ВЕГА і "Giotto" знаходилася апаратура для одержання зображень ядра комети, досліджень її іонного та пилового компонентів, вимірювання плазмових хвиль, у т. ч. аналізатор плазмових хвиль розробки Фізико-механічного інституту НАНУ для вивчення характеристик плазми в зоні взаємодії сонячного вітру з атмосферою комети Галлея.

Японські апарати "Suisei" і "Sagikake" наблизилися до комети Галлея 8 і 11 березня 1986 р. відповідно і досліджували взаємодію комети з сонячним вітром. Через вагові обмеження японські КА не мали, на відміну від КА ВЕГА і "Giotto", захисного екрану від руйнуючої дії космічного пилу, тому вивчали комету з далекої відстані.

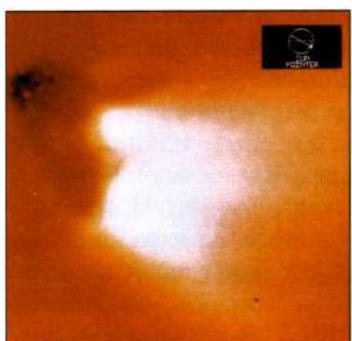
4 березня 1986 р. почалися перші кометні телепередачі з космосу. Коли КА ВЕГА-1, який першим дістався комети Галлея, знаходився на відстані 14 млн км від ядра комети, на Землю передавалися зображення голови комети в умовних кольорах, а також дані про міжпланетний простір і сонячний вітер. 5 березня, коли телепередача йшла вже з відстані 7 млн км, стало видно найяскравішу частину голови комети — її ядро. Ці передачі дозволили вибрати оптимальний режим роботи апаратури. У вирішальний момент, 6 березня, коли КА-першопрохідник увійшов всередину голови комети, його прилади вступили в безпосередній контакт з кометною речовиною, а головна астрокамера з фокусною відстанню 120 см розпочала фотографування внутрішніх частин голови комети, знаходячись у газо-пиловій атмосфері комети.



Космічний апарат ВЕГА

Перлиною кометного марафону, безумовно, стала зустріч КА "Giotto" з кометою Галлея. Вона транслювалася по телебаченню у 37 країнах світу на аудиторію 1.5 млрд людей. Зараз дуже рідко можна зустріти таку велику увагу до досягнень сучасної науки. Як тільки на телеекранах з'явилися зображення комети, телеглядачі одночасно з розробниками проекту мали можливість спостерігати цю зустріч. При цьому ставилася задача, яка еквівалентна можливості отримати чіткі знімки обличчя пілота літака, який мчить із надзвуковою швидкістю на висоті 30 м! Зображення продемонстрували, що пил сконцентровано у вузьких джетах (струменях), які вириваються з певних ділянок поверхні ядра. Наземні спостереження передбачали повільну активність ядра. Але весь світ став свідком того, як 14 березня 1986 р. КА "Giotto" увійшов прямо у струмінь часток пилу за 15 секунд до свого мінімального зближення з ядром. КА отримав удар великої частки і почав коливатися, через що на короткий час було втрачено радіоконтакт. Більша частина експериментального матеріалу заключної фази польоту КА "Giotto" до комети була врятована завдяки ефективним діям спеціалістів з керування КА.

Кольорове зображення ядра комети Галлея, виконане КА "Giotto" 14 березня 1986 р. з відстані 6500 км за 95 с до свого найкоротшого наближення до ядра комети (596 км). Розміри ядра - 16x8x8 км. Альбедо комети Галлея дорівнює 0.03.



Унікальне явище – відрив хвоста комети (знімок виконано К. Чурюмовим і Ф. Рспаєвим 7 і 10 січня 1985 р.)



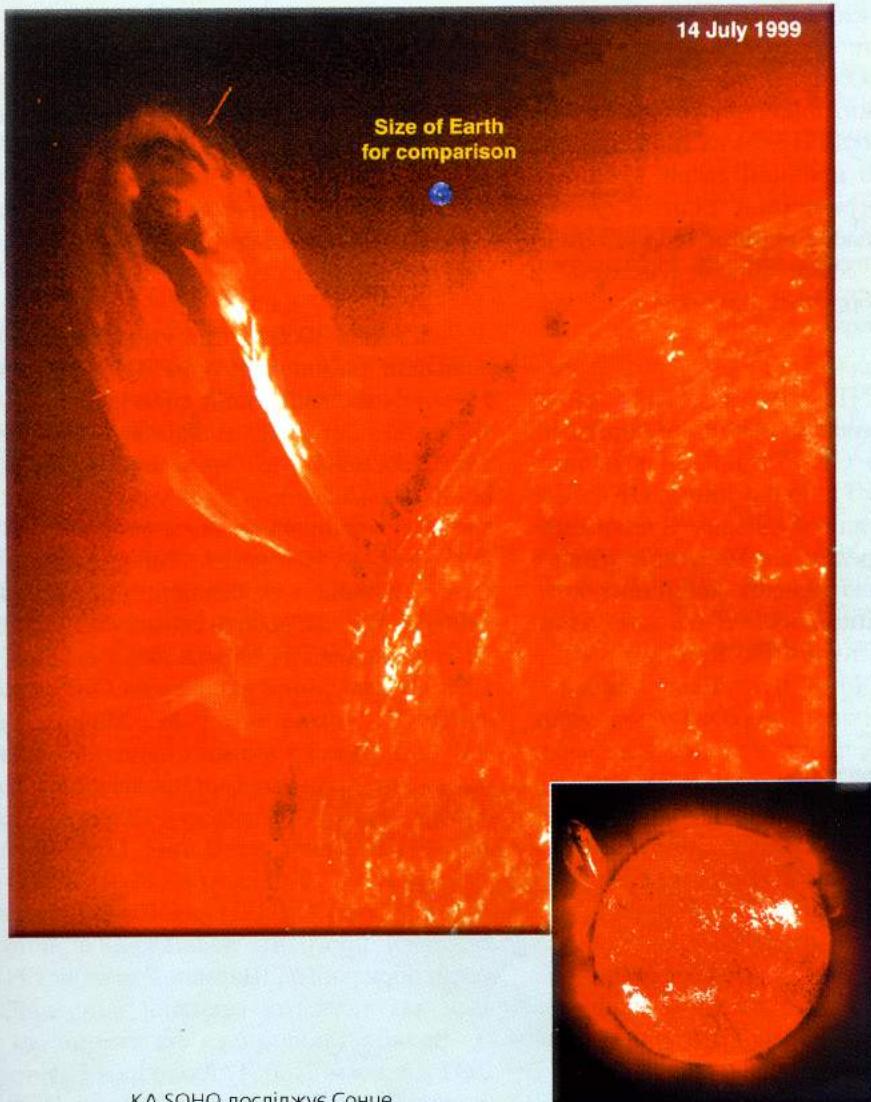
Останнім з КА кометного марафону був ICE, який досяг комети Галлея 25 березня 1986 р., пройшовши на відстані 28 млн км від неї.

Описані вище космічні експерименти наблизили науковців до розгадки таємниці комет. Було встановлено, що ядро комети Галлея являє собою суцільне тіло неправильної форми (раніше передбачалася приблизно сферично-симетрична форма) розміром 14x8 км, схоже на картоплину. Ядро темніше, ніж передбачалося: його альбедо дорівнює всього 5 %; його температура, вимірювана за інфрачервоним випромінюванням, дорівнює 300–400 К, що набагато перевищує температуру сублімації водяного льоду (200 К). Таким чином, поверхня ядра покрита тонким ізолюючим шаром темної пористої тугоплавкої речовини, під яким знаходитьться суміш водяного льоду (біля 80 %), пилу і різноманітних батьківських молекул (CO_2 , H_2 , CH_4 та ін.). Було визначено, що період обертання ядра комети дорівнює 52,9 годин. Несподіваним було відкриття великій кількості іонів вуглецю і відсутності іонів азоту. Частки пилу масою від 10^{-17} г до десятих часток грама, які складаються з багатьох хімічних елементів, реєструвалися на відстані 300 тис. км від ядра комети. Встановлено швидкості виділення газу і пилу з ядра комети (15 і 3–5 т/с відповідно), що дало змогу оцінити тривалість майбутнього життя комети – біля 150 тис. років. (Недавно з'явилося повідомлення, що ядро комети Галлея дезінтегрувало.) Більша частина пилу і газу виділяється з дискретних джерел на поверхні ядра. Вивчено взаємодію плазми сонячного вітру з іоносферою комети та знайдено фронт ударної хвилі на відстані біля 1 млн км від ядра, а також контактна поверхня на відстані 4 тис. км, де температура іонів зменшується від 2600 К до 340 К. З'ясовано, що магнітне поле комети дорівнювало 5–8 нТл (за межами фронту ударної хвилі) і 75–80 нТл у момент найбільшого зближення КА з кометою. Накопичено великий спостережний матеріал за даними наземних і космічних спостережень, сформовано єдиний кометний архів IHW, вивчення якого продовжується до цього часу.

Крізь терни до зірок

ОКС "Мир"

1986 — 1997



КА SOHO досліджує Сонце

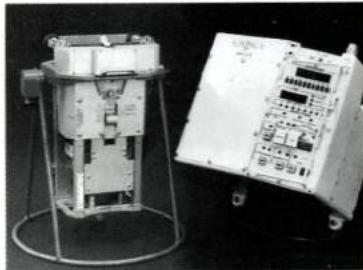
Небувалого розмаху набула програма дослідження Всесвіту космічними засобами у другій половині 1980-х років. Один за одним були втілені найсміливіші проекти. Але і на цьому переможному шляху були важкі втрати.

На початку 1986 р. програма досліджень США за допомогою КК багаторазового використання не витримала випробування на надійність. 28 січня сталася аварія на місі Канаверал: КК "Space Shuttle Challenger" вибухнув на 73-й секунді польоту. До складу міжнародного екіпажу із семи астронавтів входила перша жінка-астронавт супо цивільної професії, вчителька Х. Мак-Оліффе, яка мала виконати особливу задачу — навчання школярів безпосередньо із космосу. Після цієї трагедії НАСА на тривалий час, до з'ясування і ліквідації причини аварії, зупинило виконання космічної програми серії "Shuttle", у тому числі наукових місій. Тільки у вересні 1988 р. НАСА відновлює польоти. КК "Space Shuttle Discovery" з п'ятьма астронавтами на борту успішно виконав свою програму.

У лютому 1986 р. Радянський Союз за допомогою модифікованої РН "Протон", яка стала основною ракетою-носієм радянської космічної програми, виводить на орбіту нову ОКС "Мир". Маючи приблизно такі ж розміри, як і її попередниця ОКС "Салют-7", станція "Мир" була побудована за новим модульним принципом і передбачала можливість одночасного стикування з нею кількох космічних комплексів. У її складі функціонувало п'ять лабораторних модулів — "Квант" і "Квант-2", "Кристал", "Природа" та "Спектр". ОКС "Мир" була більш комфортною, маючи більше відсіків та персональних місць для відпочинку та побуту членів екіпажу. Вже через місяць після запуску ОКС космонавти Л. Кизим і В. Соловйов, використовуючи КА "Союз-Т-15", перелетіли з ОКС "Салют-7" на станцію "Мир".

У лютому 1987 р. розпочалася перша експедиція на ОКС "Мир": космонавти Ю. Романенко і А. Лавейкін випробували новий варіант ракети-носія "Союз ТМ-2" для польоту на станцію і встановили новий рекорд довготривалості, відпрацювавши на станції 326 діб. Космонавти провели ряд технологічних експериментів на наукових модулях ОКС, у тому числі на установці "Янтар" ІЕЗ НАНУ (в 1987 і 1989 рр.) з випаровування і осаджування металів і сплавів на полімерну плівку для отримання зразків фольги та вивчення динаміки випаровування бінарних сплавів. В 1989 р. було здійснено експеримент, запроваджений ІЕЗ НАНУ спільно з грузинськими колегами, з розкриття кільцевих великовагабаритних рамкових конструкцій з використанням металів, яким властива пам'ять форми.

Апаратура "Янтар"



В 1987 р. на ОКС побував перший сирійський космонавт М. Фаріс, а коли на станції працювали М. Манаров і В. Титов, їх відвідали декілька міжнародних екіпажів з болгарином А. Александровим, афганським космонавтом Мохмандом, французом Ж.-Лу Кретьєном. 21 грудня 1988 р. на Землю зі станції "Мир" повернулися М. Манаров і В. Титов, які стали першими космонавтами, що провели у космосі один рік (!).

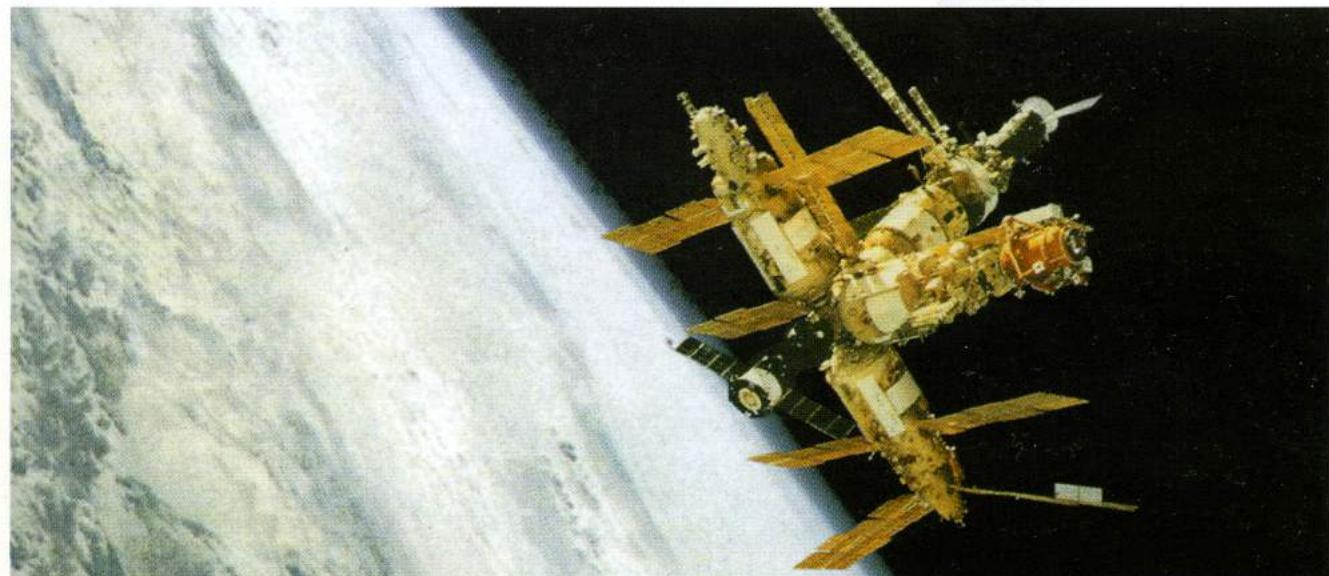
Надалі, з 1989 р. і до кінця 1994 р. ОКС "Мир" відвідали, замінюючи одна одну вахтовим методом, 13 основних експедицій космонавтів. Під час заміни екіпажів на станції одноразово працювали п'ять або шість космонавтів, серед яких були представники інших держав світу. Отже, у складі п'ятої і шостої експедицій працювали космонавти О. Вікторенко і О. Серебров (16 вересня 1989 р. — 19 лютого 1990 р.) та А. Соловйов і О. Баландін (11 лютого — 9 серпня 1990 р.). Під час роботи сьомої експедиції (космонавти Г. Манаков і Г. Стрекалов, 1 серпня — 10 грудня 1990 р.) для заміни екіпажу на ОКС прибули космонавти В. Афанасьев і М. Манаров (КК "Союз ТМ-11"), разом з якими станцію відвідав японський журналіст Т. Акіяма (він провів кілька прямих радіо- і телерепортажів з космосу). 18 травня 1991 р. у складі дев'ятої основної експедиції (космонавти А. Арце-барський і С. Крикальов, 18 травня — 10 жовтня 1991 р., "Союз ТМ-12") на ОКС "Мир" для виконання тижневої програми досліджень прибув космонавт Великобританії Х. Шарман. 2 жовтня 1991 р. розпочалася вахта десятої основної експедиції: космонавт О. Волков (залишився на станції до 25 березня 1992 р.), космонавт Т. Аубакіров і австрійський космонавт Ф. Фібек (повернулися на Землю 10 жовтня 1991 р.). 17 березня 1992 р. для заміни основного екіпажу на станцію прибули О. Вікторенко і О. Калері та німецький космонавт К.-Д. Флайд, який через тиждень повернувся на Землю разом з членами десятої експедиції О. Волковим і С. Крикальовим. 27 липня 1992 р. у складі дванадцятої основної експедиції (космонавти А. Соловйов і С. Авдеєв) на ОКС прибув космонавт Франції М. Тоніні. Після виконання фран-

цузько-російських досліджень за програмою "Антарес" 9 серпня 1991 р. він повернувся на Землю разом з членами одинадцятої основної експедиції. Наступна, тринадцята експедиція космонавтів у складі Г. Манаков і О. Поліщук прибула на станцію 24 січня 1993 р. і працювала на ній 179 діб. Під час їхнього перебування було випробувано стикувальний вузол модуля "Квант" для можливих стикувань з американськими КК багаторазового використання. У складі чотирнадцятої експедиції (космонавти В. Циблієв і О. Серебров) 1 липня 1993 р. на ОКС прибув ще один космонавт Франції, Жан-П'єр Еньєре, який виконав тижневу програму експериментів, зокрема медичних. 8 січня – 9 липня 1994 р. на станції працювала п'ятнадцята експедиція (В. Афанас'єв, Ю. Усачов, В. Поляков). В цей час (3 – 11 лютого), відбулася інша значима подія: у складі екіпажу КК багаторазового використання "Discovery" (STS-60) відбувся перший політ російського космонавта С. Крикальова, який взяв участь у експериментах лабораторії "Spacehub". 1 липня 1994 р. на ОКС "Мир" прибула шістнадцята основна експедиція, космонавти Ю. Маленченко та Т. Мусабаєв, які замінили на станції космонавтів В. Афанас'єва і Ю. Усачова (повернулися на Землю 9 липня), а В. Поляков продовжив свою космічну вахту. 4 жовтня 1994 р. на ОКС "Мир" прибула сімнадцята основна експедиція, у складі якої разом з космонавтом О. Вікторенком були космонавт ФРН У. Мербольд та ще одна російська жінка-космонавт Олена Кондакова. 4 листопада 1994 р. німецький космонавт повернувся на Землю разом з учасниками шістнадця-

тої експедиції, а роботу на борту продовжили О. Вікторенко, О. Кондакова і В. Поляков. При цьому О. Кондакова під час сімнадцятої експедиції встановила рекорд перебування у космосі для жінки-космонавта (169 діб), а В. Поляков – загальний рекорд перебування людини в космосі (438 діб).

3 лютого 1995 р. запуском КК багаторазового використання (БКК) "Discovery" (STS-63) розпочалося російсько-американське партнерство у дослідженнях на ОКС "Мир", яке знаменувало собою першу фазу програми майбутньої Міжнародної космічної станції. У складі STS-63 разом з астронавтами Дж. Везербі, Е. Коллінз, Б. Харрісом, М. Фоулом та Дж. Восс перебував російський космонавт В. Титов, екіпаж виконав обліт станції та відпрацював маневри наближення до ОКС "Мир" на відстань 11 м. 14 березня 1995 р. на ОКС "Мир" прибула вісімнадцята основна експедиція: космонавти В. Дежуров, Г. Стрекалов та астронавт Н. Таффард. Вже на початку їхнього перебування відбулося стикування наукового модуля "Спектр" до станції, а також перше стикування БКК "Atlantis" з ОКС "Мир" (29 червня 1995 р.). У складі екіпажу БКК були астронавти Р. Гібсон, Ч. Прекоурт, Е. Бейкер, Г. Харбаух, Б. Данбар та космонавти А. Соловйов і М. Бударін. Останні прибули на заміну основного екіпажу ОКС, який вперше повернувся на Землю на БКК "Atlantis". Під час спільногопольоту зістикованих станції "Мир", КК "Союз TM-20, -21" та БКК "Atlantis" вся космічна система мала масу 220 тонн. 3 вересня 1995 р. – 29 лютого 1996 р. на ОКС працювала двадцята основна експедиція (космо-

ОКС "Мир"



Крізь терни до зірок. ОКС "Мир". 1986 – 1997

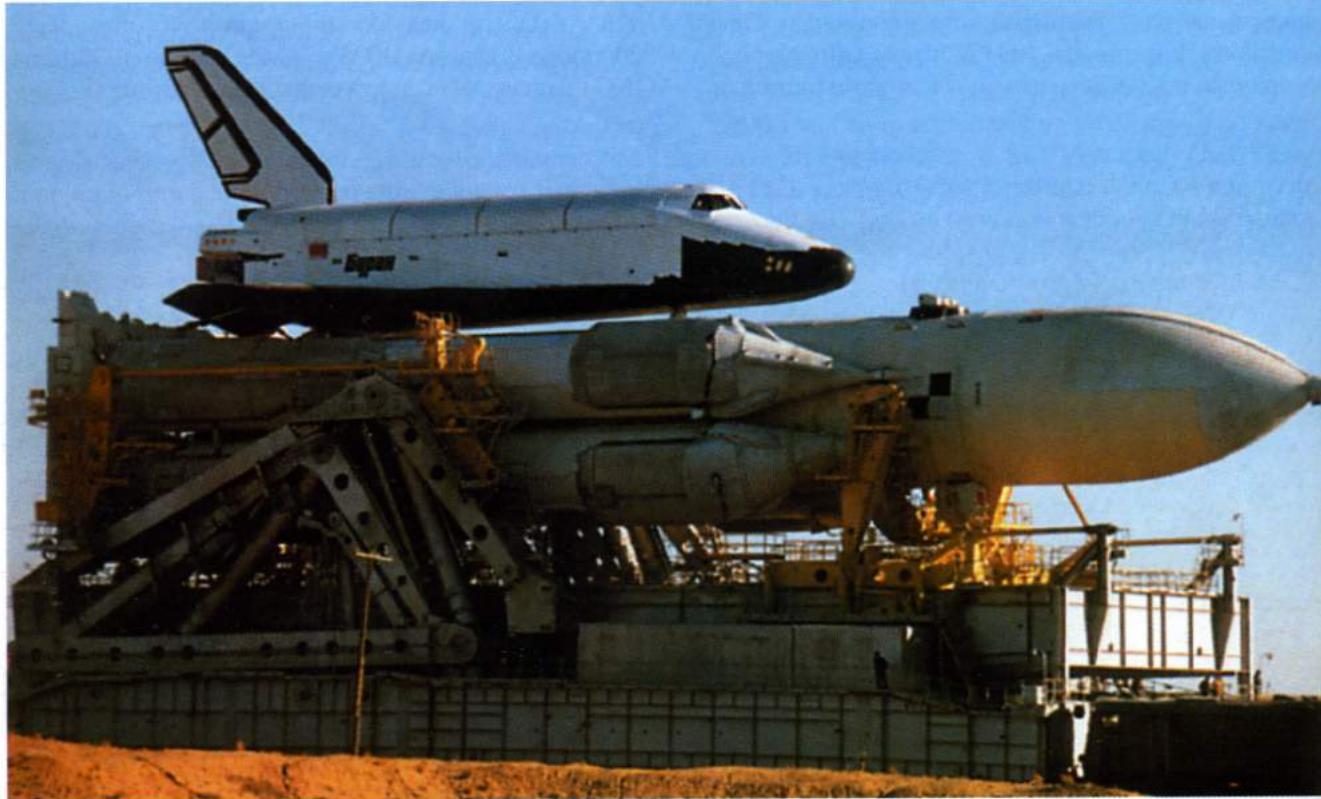
навти С. Гідзенко, С. Авдеєв та астронавт ЄКА Т. Райтер (ФРН)), під час перебування якої відбулося друге стикування із БКК "Atlantis" (12 – 20 листопада 1995 р.).

У 1996–1998 р. за спільною російсько-американською програмою на ОКС "Мир" працювали ще шість основних експедицій та відбулися ще сім стикувань з багаторазовими КК "Atlantis", "Endeavour" і

"Discovery". В цей час членами експедицій на ОКС "Мир" були космонавти Ю. Онуфрієнко, Ю. Усачов, В. Корзун, О. Калері, В. Циблієв, О. Лазуткін, А. Соловйов, П. Виноградов, Т. Мусабаєв, М. Бударін, Г. Падалка, С. Авдеєв, Ю. Батурін та астронавти Ш. Люсід, К. Андре-Дее, Дж. Блаха, Дж. Ліненджер, Р. Евальд (ФРН), М. Фоул, Л. Ейартц (Франція), Д. Вольф, Е. Томас.

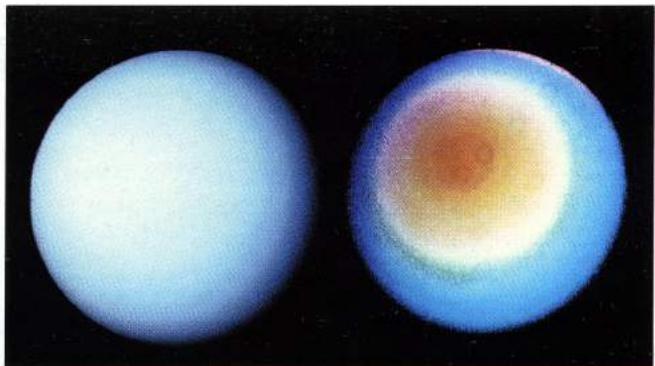
15 травня 1987 р. Радянський Союз запускає найпотужнішу з коли-небудь побудованих ракету-носій "Енергія", на яку покладалися великі надії в освоєнні космосу. А вже у листопаді 1988 р. за допомогою РН "Енергія" СРСР випробував свій перший корабель багаторазового використання "Буран" у непілотованому режимі. Планувалося, що РН "Енергія" та "Буран" стануть основними засобами радянської космічної програми кінця ХХ сторіччя. Проте через фінансові проблеми, а згодом і дезінтеграцію СРСР, цього не трапилося (зараз КК "Буран" виставляється на міжнародних авіакосмічних виставках як експонат).

Ракетно-космічний комплекс "Енергія-Буран"



Тим часом продовжували свою місію видатні першопроходці околиць Сонячної системи – КА “Voyager-1, -2”. 24 січня 1986 р. “Voyager-2” стає першим КА, який досягнув Урана. На відміну від інших планет, вісь обертання цього холодного блакитного газового гіганта нахиlena під кутом 98° до його орбітальної площини. КА визначив температуру верхнього шару хмар Урана (-215°C), зареєстрував магнітне поле планети, диполь якого нахищений під кутом 60° до осі обертання, а також відкрив нові дев'ять кілець (з наземних спостережень було відомо лише два кільця) та 15 нових супутників. Серед відкритих супутників найцікавішим є Міранда діаметром 480 км, який, можливо, сформувався з декількох супутників під дією гравітації Урана. 24 серпня 1989 р. КА “Voyager-2” вперше досягає Нептуна. Внаслідок гравітаційної дії Нептуна КА “Voyager-2” змінив траєкторію і вийшов з площини екліптики.

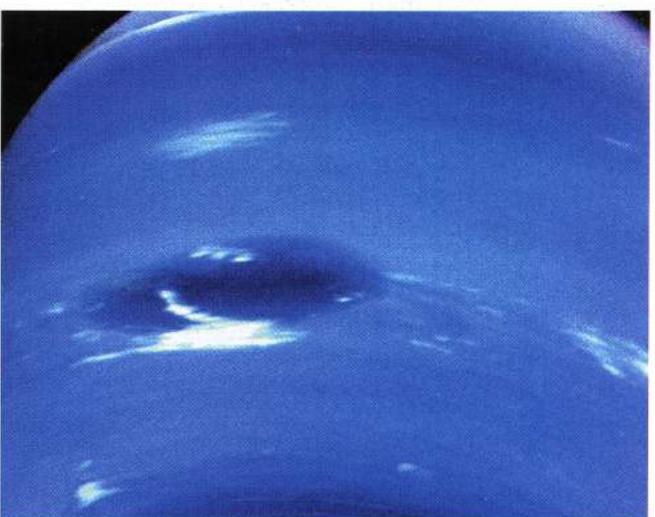
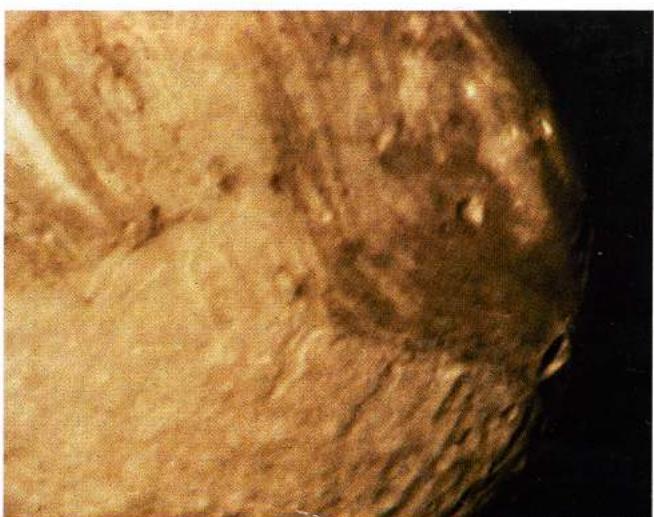
Знімок південної півкулі Міранди, найменшого супутника Урана (діаметр 480 км), виконаний з відстані 147000 км і роздільною здатністю 2.7 км. В центральній частині справа – область Корони Арден розміром 318 км, рельєф якої свідчить про грандіозні тектонічні процеси в минулому



Перші знімки Урана, виконані з КА “Voyager-2” (1986 р.) з відстані 9.1 млн км.

Знімок зліва зроблено у видимих променях. Чітко видно блакитно-зелену атмосферу Урана (червоне випромінювання поглинається метаном).

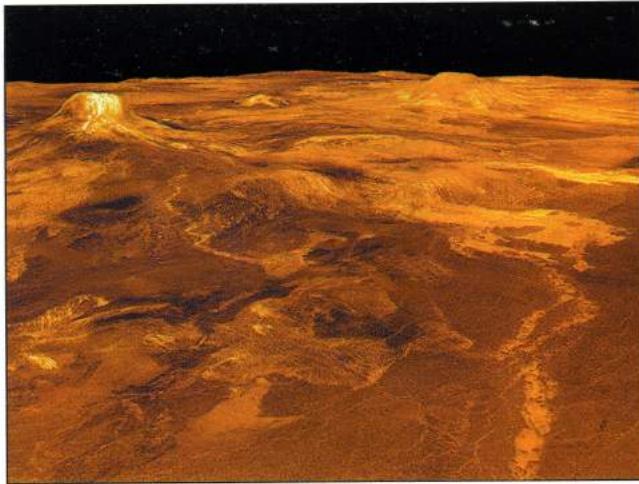
Знімок справа зроблено в УФ-, фіолетових і оранжових кольорах для підкреслення контрасту. Темна зона на знімку охоплює південний полюс планети



Один із перших знімків Нептуна, виконаний з КА “Voyager-2” з відстані 6.1 млн км (1989 р.)

з використанням оранжового, зеленого і прозорого фільтрів. На фото видно Велику Темну Пляму,

різноманітні атмосферні утворення, область Скутер (внизу зліва) та невелику темну пляму з яскравим центром. Всі деталі рухаються у східному напрямку з різною швидкістю. Велика Темна Пляма – кліматичне утворення розміром як Земля, обертається з періодом 16 діб проти годинникової стрілки



Комп'ютерне тривимірне зображення західної венеріанської області Ейста. Зліва – найбільший вулкан на Венери, на горі Монс висотою 3 км, справа – вулканічна структура на горі Сіф, висотою 2 км і розміром 300 км. Відстань між вулканами – 730 км. Основа зображенъ – дані радарних обстежень з КА "Magellan" (1989 р.) і дані АМС "Венера-13, 14"

Великий успіх міжнародної програми дослідження комети Галлея надихнув науково-технічну спільноту до розробки нових космічних апаратів. Наприкінці 1980-х років плеяда наукових обсерваторій розпочала свою вахту у космосі. Зупинимося на результатах цих місій, більшість з яких продовжується і досі.

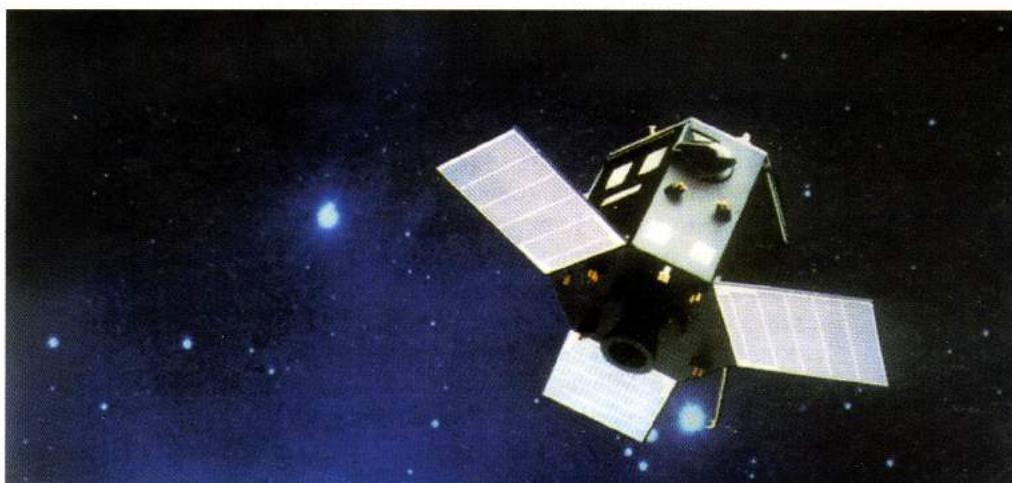
5 травня 1989 р., після двох з половиною років перерви, НАСА поновлює наукові місії: планетний КА "Magellan", призначений для радарного дослідження Венери, уперше стартує з космічного корабля серії "Shuttle". У підготовці до польоту було використано результати радянських АМС серії "Венера", а протягом своєї місії КА "Magellan", знаходячись на різних орбітах навколо Венери висотою від 250 км до 1900 км, здійснив зйомку біля 90 % поверхні Венери та виконав дослідження рельєфу планети послідовними смугами розміром 24x16000 км. Радарне картографування показало наявність на Венері гір, кратерів, плато і розломів та областей вулканічної діяльності. Структура надр Венери подібна до земної, а радіус рідкого залізного ядра дорівнює 2900 км. Майже вся поверхня планети рівнинна і лежить у межах ± 1 км від її середнього рівня, лише 8 % поверхні займають великі узвишшя (наприклад, гірський масив Земля Іштар висотою 4–5 км чи гора Максвелл висотою 12 км, що у півтора рази вища за найвищу вершину Землі Еверест). Для сучасного рельєфу поверхні Венери характерні форми, аналогічні тим, що склалися у протерозойському ере на Землі.

В 1989 р. за участю 13 країн світу розпочалася наукова програма "Фобос" – дослідження найменшого супутника Марса, Фобоса, діаметр якого всього 20 км. Припускається, що Фобос може бути астероїдом, який колись давно був захоплений гравітаційним полем Марса. Здійснити ж космічну зустріч КА з Фобосом, тобто зустріч на невеликих відносних швидкостях, значно простіше, ніж зустріч КА з тілом головного пояса астероїдів. Найцікавіша частина експедиції – вивчення марсіанського супутника з невеликої відстані – не відбулася, проте КА "Фобос-1, -2" передали на Землю нові дані радарного дослідження поверхні Марса в ГЧ-діапазоні та дослідження стратосфери планети в оптичному діапазоні довжин хвиль. 24 жовтня 1989 р. КА "Фобос-2" зареєстрував унікальну подію – гамма-вибух галактичного походження, найпотужніший з усіх, які спостерігалися до цього з космосу.

18 серпня 1989 р. ЄКА запустило на орбіту перший суто астрометричний супутник – КА HIPPARCOS ("High Precision PARallax COLlecting Satellite"). Не дивлячись на те, що КА не був виведений на заплановану орбіту, за чотири роки спостережень було отримано величезний обсяг даних про 118 тисяч зірок яскравістю до 11-ї зоряної величини. Ці дані стали ос-

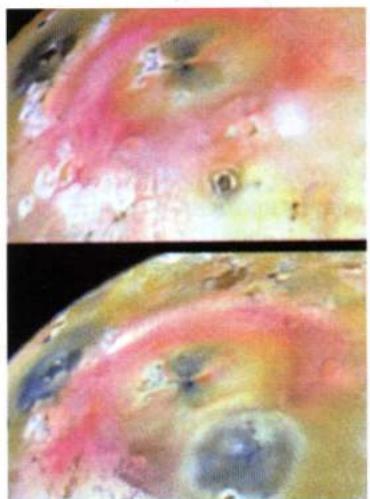
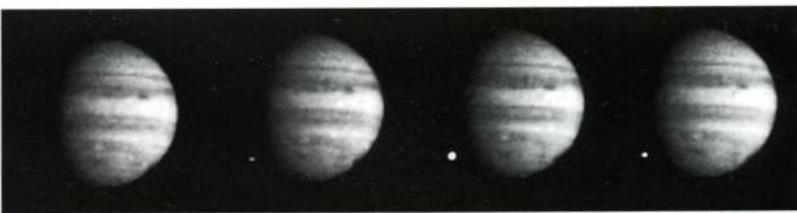
новою для унікального каталогу їхніх положень, власних рухів, паралаксів та інших характеристик з точністю, у десятки разів вищою, ніж це вдавалося зробити за даними наземних спостережень. Високоточні астрометричні спостереження і на сучасному етапі розвитку астрономії мають важливе значення. Ще 400 років тому Й. Кеплер, використавши позиційні спостереження Т. Браге, відкрив закони руху планет і проклав шлях до теорії всесвітнього тяжіння Ньютона. Очікується, що результати повної інтерпретації даних місії HIPPARCOS приведуть до нових фундаментальних висновків. Наприклад, вже відкрито декілька зірок (серед них 51 Пегаса, 47 Великої Ведмедиці та 70 Діви), які мають планетні системи. Виникає запитання, як відрізняти планетні системи від можливих подвійних зір? Розрахунки показують, що верхня межа маси для компаньйона зорі 47 Великої Ведмедиці, відстань до якої 46 світлових років, становить 7–22 маси Юпітера. Але теоретично відомо, що найменша за масою зоря мусить бути у 80 разів важчою, ніж Юпітер. Якщо її маса нижча цієї межі, то в її надрах не можуть відбуватися термоядерні реакції згоряння водню, які вважаються джерелом енергії зір (так звані коричневі карлики, які мають маси у 17–80 мас Юпітера, отримують енергію у процесі народження важкого водню – дейтерію). Визначена величина маси компаньйона зорі 47 Великої Ведмедиці дозволила стверджувати, що він є планетою. Тільки висока точність вимірювань HIPPARCOS відстаней до зір допомогла впевнитися, що до збурень руху зазначених зір призводять не зорі-компаньйони у подвійній системі, а саме планетні системи.

Інший цікавий приклад інтерпретації результатів місії HIPPARCOS пов'язаний з можливістю виявити ті зорі, які наближаються чи зараз наближаються до Сонця: зоря Gliese 710 у сузір'ї Змієносця, яка знаходитьться на відстані 63 світлових років, рухається у напрямку до Сонячної системи зі швидкістю 14 км/с і вже через 1 млн років може зіткнутися із Сонячною системою. Збурення, викликані цією зорею, можуть вплинути на рух комет у хмарі Оорта та на їхнє “дострокове” вторгнення у Сонячну систему. Ще один цікавий приклад з обробки унікальних даних HIPPARCOS стосується перевірки загальної теорії відносності (ЗТВ) А. Ейнштейна, яка передбачає відхилення променя у гравітаційному полі Сонця. До місії HIPPARCOS цей ефект міг бути підтверджений чи спростований оптичними спостереженнями об'єктів, що знаходяться на відстані 1-2° від краю Сонця. Вимірювання КА HIPPARCOS дозволили визначити викривлення променів світла навіть на відстані у 90° від Сонця. Якщо б при обробці вимірювань не враховувалися ефекти ЗТВ, то положення зірок були б менш точними. Отже, тільки з імовірністю один випадок на тисячу теорія Ейнштейна (у галактичному масштабі) може бути хибною. Інший неочікуваний результат місії HIPPARCOS – виявився, що подвійних зірок в Галактиці набагато більше, ніж передбачалося. КА спостерігав близько 24000 подвійних зірок, з яких 10000 були раніше невідомими. Результати космічної місії HIPPARCOS сприяли вирішенню головної астрометричної задачі – створенню Міжнародної небесної системи координат (ICRF) з мілісекундною точністю.



КА HIPPARCOS
(запуск 1989 р.),
який дозволив
отримати найточніші дані
про місцеположення
і рухи зірок

Рідкісне явище в Сонячній системі:
падіння уламка W комети
Шумейкер—Леві-9 на Юпітер
(липень 1994 р.). На першому знімку
ще не видно процесу зіткнення,
на наступних видно
(внизу зліва) уламок комети,
що наближається до Юпітера
(КА "Gallileo")



Вулканізм
на супутнику Юпітера Іо.
Знімки виконано
в травні
і у вересні
1997 р.
(КА "Gallileo")

Знімок астероїда Іда
довжиною 57 км
і його невеликого супутника
Дактиль (справа),
виконаний КА "Gallileo"
з відстані 10.5 тис. км.



18 жовтня 1989 р. стартував КА NASA "Galileo", щоб пізніше стати першим штучним супутником Юпітера та дослідити систему його супутників. На долю цього КА випала унікальна нагода стати єдиним КА, який 1994 року передав на Землю зображення падіння комети Шумейкер—Леві-9 на поверхню Юпітера. Ця унікальна зйомка ще раз підтвердила, що бомбардування планет та їхніх супутників малими тілами — часте явище в Сонячній системі, а проблема астероїдно-метеоритної небезпеки актуальна для земної цивілізації. Серед визначних подій місії "Galileo" у 1995–1997 рр. стали відкриття вулканічних льодяних течій і плавлення льоду на поверхні супутника Юпітера Європи; високоточні вимірювання параметрів атмосфери Юпітера; відкриття атмосфери супутника Каллісто, яка складається з водню і вуглексого газу; наявності у Європи, Іо і Ганімеда металічних ядер та відсутність металічного ядра у Каллісто. Більший, ніж очікувалося за класичною космогонічною теорією, вміст вуглецю, азоту і сірки в атмосфері Юпітера також є доказом впливу наслідків астероїдних і кометних бомбардувань планет на їхню еволюцію. Але найвизначнішим успіхом місії стало дослідження Ганімеда — найбільшого супутника у Сонячній системі. КА "Galileo" відкрив, що Ганімед має власну планетоподібну магнітосферу, яка захищає його від впливу магнітного поля Юпітера. Ганімед дещо нагадує Землю: його внутрішня будова чітко диференційована, а саме, є три складові — металічне залізне чи залізо-сульфідне ядро діаметром до 1000 км (до 1/3 загальної маси), нестійка силікатна мантія та верхній льодяний шар товщиною до 700 км. Механізм генерації магнітного поля супутника, напевно, подібний до земного: це поле утворилося внаслідок динамо-ефекту під дією відносного обертання мантії та металічного ядра. В Сонячній системі магнітні поля такого типу мають ще Меркурій і, можливо, Іо. 16 грудня 1997 р. КА "Galileo" розпочав "вахтову" серію досліджень супутників Юпітера, почавши з Європи, з надією відкрити під її тонким льодяним шаром, який утворився декілька мільйонів років тому, місце знаходження рідинних океанів. Дослідження за допомогою картографа-спектрометра у близькому ІЧ-діапазоні довели, що у складі льодяної поверхні Європи є сірчана кислота. Можливо, це пов'язано з вулканічними процесами на Іо, а можливо — з процесами у ядрі Європи. Подальші дослідження будуть спрямовані на з'ясування причин структурних утворень — айсбергів, кратерів — на поверхні Європи. Встановлено, що темп кратероутворення на супутниках Юпітера менший, ніж на Місяці. До лютого 1999 р. "Galileo" виконав вісім послідовних обльотів Європи і чотири обльоти Каллісто, а наприкінці 1999 р. — обстеження Іо. Планується, що КА буде знаходитися в системі Юпітера ще 4 роки.

Успішна наукова місія була виконана КА NASA COBE (Cosmic Background Explorer), який вийшов на навколоземну орбіту 18 листопада 1989 р. Головною метою досліджень було визначення характеристик фонового космічного випромінювання Всесвіту, для чого на борту КА було встановлено три типи апаратури для спостережень в різних енергетичних діапазонах довжин хвиль. Найбільша увага надавалася пошуку анізотропії мікрохвильового випромінювання, яке є реліктом ранньої епохи розвитку Всесвіту, коли при температурі $T = 10^4$ К випромінювання відкрито за даними наземних спостережень у 1960-ті роки, близький до спектру чорного тіла, що відображає факт ізотропного розподілу речовини у Всесвіті). КА COBE встановив верхню межу анізотропії Всесвіту $\Delta T/T = 10^{-5}$. Після детального аналізу інфрачервоних спостережень КА COBE та з урахуванням впливу інфрачервоного випромінювання пилу Сонячної системи, зірок та Галактики, впливу емісії земної атмосфери було відкрито існування фонового інфрачервоного випромінювання Всесвіту. Аналіз цього випромінювання, яке накладає обмеження на загальну величину енергії, що висвічується всіма зірками Всесвіту, показав, що кількість світла від зірок набагато більша, ніж це вважалося за результатами наземних спостережень. Цей факт може свідчити про наявність великої кількості невідомих зараз чи дуже слабких, чи дуже далеких зір або зір, світло яких поглинається космічним пилом.

Астрономічним проектом віку можна вважати проект телескопа HST (Hubble Space Telescope), розробленого НАСА у тісній співпраці з ЄКА. 24 квітня 1990 р. КА "Space Shuttle" вивів великий орбітальний телескоп HST для роботи у оптичному (0.3–1.2 мкм) діапазоні. Діаметр його основного дзеркала полегшеної конструкції дорівнює 2.4 м, а телескоп має схему Річі–Кретьєна. Хоча телескоп повністю автоматизовано, передбачена участь астронавтів у виконанні ремонтних робіт на орбіті та можливість повернення телескопа на Землю у разі необхідності більш детального його обстеження.

Однією з переваг використання космічного оптичного телескопа є відсутність впливу атмосфери на його роботу. Як відомо, навіть у випадку ідеальної оптичної телескопічної системи атмосфера розмиває зображення зірок. Друга перевага полягає в тому, що при виносі телескопа на орбіту фон світності нічного неба зменшиться: на 50 % у синьо-зеленій області спектру і значно більше у червоній та більшій інфрачервоній ділянках спектру. Ця обставина дає можливість спостерігати об'єкти 26–27-ї зоряні величини, тобто побачити ті об'єкти Всесвіту, які ніколи до цього не спостерігалися з поверхні Землі.

Низку важливих відкриттів зроблено за допомогою HST. Наведемо деякі з найважливіших: спостереження процесу народження Нових і Наднових зірок (наприклад, SN1987A у Великій Магеллановій Хмарі, яка є найяскравішою Надновою зіркою, що відкрита за останні 300 років); дослідження кандидатів у чорні діри (наприклад, об'єкт у центрі найближчої гіантської галактики Centaurus A) та позасонячних планет (наприклад, об'єкт TMR-1c масою у 2-3 маси Юпітера); відкриття найяскравішої зірки, що світить у 10 млн разів сильніше за Сонце і має розміри, що могли б поміститися у земну орбіту, та найменшої нейтронної зірки, розмір якої у 100 мільйонів разів менший, ніж розміри слабких зірок, що бачить неозброєне людське око; дослідження хабблівських течій галактик та великомасштабної структури розподілу галактик та їхніх скучень. Програма досліджень на HST постійно оновлюється, даючи можливість астрономам всього світу проводити унікальні спостереження далекого Всесвіту та наблизитися до розгадки його таємниць. З часу запуску телескоп двічі ремонтувався на орбіті екіпажами КК "Space Shuttle".



Космічна оптична обсерваторія "Hubble Space Telescope" (HST)



Вигляд нашої Галактики за даними КА COBE. Сонце знаходиться на відстані 28 тис. св. років від центра Галактики

Ще у 1977 р. НАСА і ЄКА об'єднали свої зусилля для дослідження Сонячної системи з біляполярної сонячної орбіти. Але тільки 6 жовтня 1990 р. було започатковано цей оригінальний космічний проект (затримка проекту була пов'язана з трагедією КА "Space Shuttle Challenger"). КА "Ulysses", виведений КА "Space Shuttle Discovery", став першим спеціальним космічним зондом, що почав вивчати Сонячну систему за межами площини екліптики. Єдина технічна можливість досягти такої орбіти — це швидко досягти великої планети і погасити, таким чином, надлишкову інерцію, отриману від Землі, а потім, використовуючи гравітаційне поле планети, вийти на орбіту, площа якої нахиlena під прямим кутом до екліптики. Успіх проекту пов'язували з тим, що на початку 1970-х років подібне маневрування вже було виконано КА "Pioneer-10, 11". В 1992 р., використовуючи поле гравітації Юпітера, КА "Ulysses" вийшов на полярну сонячну орбіту з періодом обертання у шість років. Оскільки КА має найбільшу швидкість поблизу Сонця, то він пролетів в 1994–1995 рр. над обома його полюсами, а 17 квітня 1998 р., виконавши перший орбітальний виток, повернувся в ту точку орбіти, з якої розпочинався його політ. Маневр КА було розраховано таким чином, що в цей момент Юпітер, рухаючись навколо Сонця, вже знаходився на протилежному боці своєї орбіти і не міг вплинути на траекторію КА "Ulysses". Завдяки цьому оригінальному задуму КА "Ulysses" став першою штучною "кометою" з шестирічним періодом обертання навколо Сонця. Під час першого обльоту Сонця КА

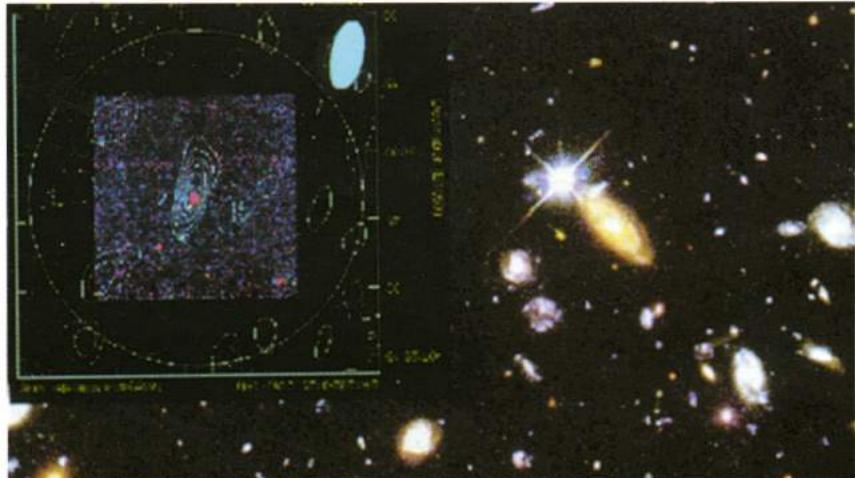
отримав детальну карту геліосфери, заповнену сонячним вітром, активні прояви якого впливають на космічні і наземні засоби комунікацій, погоду, викликають авроральні явища в атмосфері та магнітні бурі. З'ясувалося, що "звичайний" сонячний вітер розповсюджується від екваторіальної області Сонця досить повільно (350–400 км/с); "швидкий" сонячний вітер (750 км/с) розповсюжується від холодних областей сонячної атмосфери — корональних дір, що знаходяться біля полюсів Сонця і мають невеликі розміри. "Швидка" і "звичайна" течії віtru чітко розмежовані, при цьому "швидкий" сонячний вітер заповнює дві третини геліосфери. Сюрпризом для вчених стала реєстрація ритмічних коливань інтенсивності енергетичних часток (швидких іонів) та космічних променів на високих сонячних широтах, де їх не повинно бути з точки зору сучасної теорії фізики плазми, оскільки "швидкий" сонячний вітер не допускає утворення ударних фронтів, які, як вважається, є прискорювачами енергетичних часток. Апаратура КА зареєструвала космічні галактичні промені та радіовипромінювання від Сонця і планет, ідентифікувала "чужі" атоми і пилові частки, що були занесені у геліосферу з міжзорянного простору. У 2001 р., коли КА буде знову пролітати над полюсами Сонця, фахівці очікують отримати результати обстеження збудженої геліосфери, оскільки якраз на цей період припадає максимум 11-річного циклу сонячної активності. КА "Ulysses" став складовою мережі міжпланетних КА, які проводять моніторинг гамма-спалахів Всесвіту.

Найвіддаленіші галактики.

Справа — кандидат у протогалактики

BR1202-075 на Z = 4.695.

(Знімок HST)



Знімок Плутона, виконаний HST.
Справа видно супутник Плутона Харон.

Два космічні тіла настільки подібні
за розмірами
(2320 км і 1270 км відповідно),
що можуть бути
подвійною планетою



Апаратуру нового покоління — телескоп з кодовою апертурою (діючим отвором оптичної системи) і позиційно-чутливими детекторами — було встановлено на орбітальній обсерваторії “Гранат” (СРСР, Франція, Болгарія, Данія), призначеної для дослідження квазістационарних джерел і джерел гамма-спалахів у рентгенівському і гамма-діапазонах довжин хвиль. Запуск КА відбувся 1 грудня 1989 р. Об'єктами дослідження КА в нашій Галактиці були зорі, що знаходяться на останніх стадіях своєї еволюції (блі карлики, пульсари, нейтронні зірки, кандидати у чорні діри), а також залишки Наднових зірок та джерела в центрі нашої Галактики. Вперше було отримано рентгенівські зображення скупчень галактик і найближчих галактик (Туманності Андромеди) у жорсткому рентгенівському діапазоні.

1 червня 1990 р. розпочалася ефективна місія європейського КА ROSAT: на першій фазі польоту було виконано перший повний рентгенівський огляд всього неба, а на другій фазі, яка тривала в 1991—1994 рр., досліджувалися окремі об'єкти, серед яких була і відома нова зірка GQ Muscae.

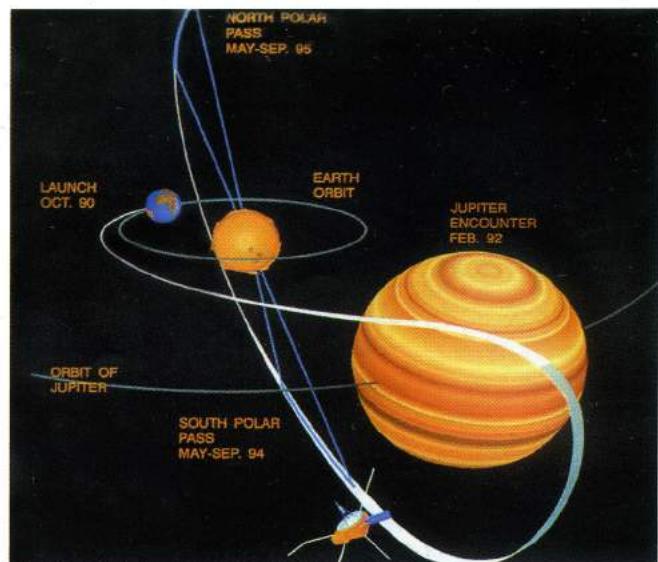
Для досліджень джерел високоенергетичних гамма-спалахів 5 квітня 1991 р. НАСА вивело на орбіту спеціальну гамма-обсерваторію “Compton Gamma-Ray Observatory”. Вже перші дні її роботи привели до відкриття: КА зафіксував послідовність спалахів, які регулярно повторюються і виходять від однієї й тієї ж області неба. Спалахи не подібні на жоден із 1700 гамма-спалахів, зареєстрованих раніше. Загалом КА знаходить за день приблизно один гамма-спалах тривалістю 10—30 с. 14 грудня 1997 р. водночас з німецько-італійським супутником “BeppoSAX” було зареєстровано найунікальніший спалах за весь час дослідження Всесвіту — протягом 1-2 с яскравість гамма-спалаху була такою ж, як яскравість усього Всесвіту, а кількість енергії, що виділилася під час спалаху, може бути порівняна тільки з енергією Великого Вибуху (процесу народження Всесвіту). Всі досі зареєстровані спалахи мали випадковий характер, тому їхня реєстрація з борту “Compton”-обсерваторії та мережею інших КА дозволить зрозуміти природу просторового розподілу джерел гамма-спалахів. НАСА запланувала здійснити ще дві місії для дослідження космосу у гамма-діапазоні: КА HETE II розпочав “гамма-вахту” в 1999 р., а саме реєстрацію гамма-спалахів і передачу інформації про їхнє місце знаходження наземним обсерваторіям для подальшого ототожнення; КА GLAST (“гамма-телескоп”) буде запущено в 2005 р. для моніторингу найпотужніших гамма-спалахів.

Цікавий комплекс досліджень Місяця було виконано в 1994 р. космічним зондом “Clementina”. А саме, за 71 день роботи КА на еліптичній місячній орбіті (мінімальна відстань від поверхні Місяця складала 400 км) було сфотографовано 38 мільйонів кв. м його площини та передано на Землю близько 1.6 мільйонів знімків високої роздільної здатності; за результатами лазерного зондування місячної поверхні було побудовано глобальну топографічну фігуру Місяця та карту товщини місячної кори; отримані дані дали змогу дослідити селенологію зворотного боку Місяця та його полярних областей. Вважається, що мільярд років тому Місяць “вів” активне життя (на це вказує застигла лава, якою залиті кратери вулканів). В ході непрямого, так званого бістатичного радіолокаційного експерименту, було обстежено характер сигналів, які відбиваються від областей Місяця, що складаються з різних порід. Бортовий радіопредавач спрямовував сигнали в гірські і затемнені полярні райони Місяця, а відбиті сигнали приймалися мережею станцій далекого космічного зв’язку на Землі. Аналіз радіолокаційних вимірювань дозволив зробити припущення, що на постійно затемненому

Зображення Сонця, отримане КА “Ulysses”



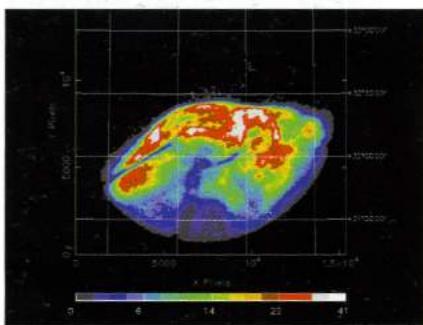
Схема польоту
КА “Ulysses”
для дослідження
Сонця
з біполлярних орбіт



південному полюсі Місяця є речовина, яка за своїми ознаками відповідає водяному льоду. Цей сенсаційний висновок було вирішено перевірити в польотах наступних КА за допомогою спеціально встановленої бортової апаратури. Після завершення місії КА було переведено на траєкторію руху до астероїда Географ, який входить до групи астероїдів, що наближаються до Землі. На жаль, зв'язок з КА було втрачено, і дослідження астероїда не відбулося.

Продовжуючи дослідження Всесвіту в інфрачервоній ділянці енергетичного спектру, 17 листопада 1995 р. була запущена орбітальна обсерваторія ISO (Infrared Space Observatory), яку назвали найвизначнішою інфрачервоною місією. КА спостерігає об'єкти, що були відкриті КА IRAS у 1980-х роках, але у першу чергу програма ISO спрямована на вивчення зірок, що мають протопланетні пилові диски, наприклад, яскравої зірки Веги. Обробка даних ISO показала, що пилові диски є у більшості зірок, маси яких дорівнюють масі Сонця. Нова інфрачервона обсерваторія дослідила також знамениту туманність Оріона, в якій йде активне зореутворення, та найближчу до нас подібну область у Темній хмарі сузір'я Хамелеон. Висока роздільність ISO дозволила уперше спостерігати явище космічного канібалізму — зіткнення двох галактик Antennae і підсилення процесу зореутворення у спільному диску галактик у той час, коли галактики перетнули одна одну. Цікавим є також відкриття у складі пилу біля наймолодших зірок кристалів олівіну (загачених окислом магнію), які, як відомо, є у земній мантії. Оскільки кристалічна структура більшості мінералів руйнується у міжзоряному просторі, то це відкриття вимагає перегляду теорії астрохімічного зв'язку "зірка — планета". У цьому плані найбільш цікавим об'єктом виявилася молода блакитна зірка HD100546 (її вік кілька мільйонів років), для якої ха-

Взаємодіючі галактики Антена знаходяться на відстані 63 млн св. років від Землі.
Зліва — знімок з наземного телескопа в Чилі,
справа — знімок HST "серцевини"
взаємодіючих галактик
з тисяччи нових зоряних скupчень



Зображення об'єкта SW Cygnus loop, отримане рентгенівською обсерваторією ROSAT в 1993 р.

рактерне особливe ультрафioletове поглинання, що може бути викликане ефектами падіння на ней астероїдів і комет. Одним із завдань КА ISO є пошуки та реєстрація водяного пару і водяного льоду, тобто джерел води як головного агента життя у космосі. КА ISO відкрито наявність води на Сатурні, Урані, Нептуні, яка, найімовірніше, була занесена на ці планети, а також отримано спектри водяної пари комети Хейла—Боппа. В 1998 р. за допомогою космічної обсерваторії ISO було відкрито новий клас галактик, які знаходяться у процесі народження і, таким чином, можуть бути джерелом загадкового космічного інфрачервоного фону (зареєстрованого, як відмічалося вище, КА COBE).

В рамках місії КА "Ulysses" 2 грудня 1995 р. було запущено спільну ЄКА-НАСА-обсерваторію SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). КА вже відкрив плазмові течії на поверхні Сонця та новий тип сонячної активності, так звані блінкери (короткоживучі спалахи), дослідив ефекти магнітного поля (наприклад, перезамикання силових ліній) фотосфери Сонця і явища надгрануляції. На КА SOHO покладено моніторинг сонячної активності і негайного передження про спалахові явища на Сонці, які можуть впливати на все живе на Землі. Наприклад, в 1999 р. було зафіксовано повний цикл руху сонячних плям: появившись на зворотному від Землі боці Сонця, вони рухаються з обертанням Сонця і з'являються через 28 днів на східному боці видимої поверхні Сонця. Ці спостереження можуть бути використані при прогнозуванні сонячних бур. Особлива увага програми КА SOHO прикута до вивчення корони Сонця і механізму її підігріву. Проблема полягає у тому, що температура корони досягає кількох мільйонів градусів, у той час як температура поверхні Сонця лише 6000 К. За допомогою SOHO



вчені сподіваються знайти джерела, які забезпечують подібну передачу енергії від набагато холоднішої поверхні Сонця у гарячу корону. Дослідження КА вже дали докази того, що подібний розігрів може обумовлюватися взаємодією магнітних петель, під час якої утворюються короткі електричні і магнітні ланцюги з достатньо сильним електричним струмом. КА SOHO зареєстрував невідому до цього часу особливість комети після її віддалення від Сонця, а саме залишковий хвіст комети Хейла – Боппа довжиною 150 мільйонів км. Це відкриття дало змогу розрахувати, що комета втрачає водень і воду зі швидкістю майже 300 тонн за секунду. У вересні 1998 р. КА SOHO вдалося врятувати після того, як він на деякий час вийшов з-під контролю. 1 квітня 1998 р. було виведено на орбіту ще один сонячний телескоп TRACE з метою досліджень сонячної корони та тонких структур магнітного поля. Це поки що найпотужніша з орбітальних сонячних обсерваторій, оскільки часова і просторова роздільні здатності її телескопа відповідно у 10 і 5 разів вищі порівняно з попередніми аналогами. Безумовно, результати місії КА SOHO, "Ulysses" та TRACE можуть докорінно змінити наше уявлення про природу Сонця та сонячно-земних зв'язків.

Неочікуване астрономічне відкриття здійснив КА "Polar", який був запущений на орбіту 24 лютого 1996 р. для досліджень атмосфери Землі. Аналіз зображень свідчить про існування у верхній атмосфері Землі постійних течій водяно-органічних об'єктів, які можна порівняти з невеликими кометами і які ніколи до цього не спостерігалися. Ці об'єкти, поповнюючи водою верхній шар земної атмосфери, розпадаються на висотах від 850 км до 20000 км і утворюють великі хмари водяної пари. Швидкість бомбардування ними земної атмосфери дорівнює 3–50 об'єктів за хвилину, або тисячу за добу. Вони не можуть бути наслідком діяльності людей на Землі чи геофізичних процесів. Цей "космічний дощ" може створювати "атмосферні діри", що спостерігаються в УФ-діапазоні довжин хвиль, а також, оскільки містить у собі найпростіші органічні компоненти, бути джерелом виникнення життя на Землі.

17 лютого 1996 р. було запущено КА NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous), який спеціально призначався для вивчення астероїдів і проблеми походження Сонячної системи. Вже у червні 1997 р., під час 25-хвилинного обстеження астероїда 253 Матильда, альbedo якого дорівнює усього 3%, з'ясувалося, що він складається зі збагаченого вуглецем матеріалу, який не змінився за час існування планетної системи. Без

відповіді залишилося питання, яким чином астероїд, маючи розмір 52 км, залишився цілим, коли найбільший кратер на його поверхні має розмір 20 км. Головною задачею КА була зустріч з астероїдом Ерос у травні 2000 р. і вивчення протягом року його властивостей з віддалі всього 35 км. Найцікавіше питання — що є спільного між складовими Ероса і метеоритами, що падають на Землю. 14 лютого 2000 р. КА вийшов на орбіту астероїда. Перші знімки відразу ж вразили науковців тим, що поверхня Ероса подібна до планетної, що може свідчити на користь гіпотези, за якою Ерос утворився у результаті вибуху однієї з планет Сонячної системи. У програму досліджень КА на шляху до астероїда Ерос було включено спостереження гамма-спалахів, і завдяки цьому апарату відновила свою роботу тривимірна мережа КА з моніторингу спалахів (КА "Ulysses", "Wind" і NEAR), яка призупинила свою діяльність 1993 року після втрати КА "Mars Observer".

В 1996 р. почала працювати на орбіті Землі італійсько-нідерландська рентгенівська обсерваторія "Верро-SAX" (Satellite per Astronomia X), а в 1997 р. — японський КА HALCA для досліджень активних галактических ядер, скupчень галактик, залишків наднових зірок, зоряних корон. Ці космічні апарати працюють у тісній оперативній взаємодії з наземними обсерваторіями.

Продовжувалися дослідження Марса та його супутників завдяки місії КА НАСА "Mars Global Surveyor", що стартував 4 грудня 1996 року. КА вперше дослідив повну еволюцію марсіанської пилової бурі, що досягала висоти 130 км, та виконав детальні обстеження супутника Фобос та його найбільшого кратера Стікні діаметром 10 км, що дорівнює положенню



Панорамний знімок марсіанської поверхні, виконаний "Mars Pathfinder" в 1997 р. Більшість нагромадженого каміння нахиlena так, ніби вони були донною поверхнею водного басейну. На горизонті видно Гори Близнят (Твін Пікс) — область поруч з посадкою КА "Viking"

вині діаметра самого Фобоса. Цікавим виявився результат, що температура денної та нічної півкуль Фобоса сильно відрізняються (-4°C і -112°C). Для більш детального дослідження Марса НАСА використало новий тип маневрування КА на орбіті – аерогальмування в атмосфері планети. Спостережна камера КА веде постійний моніторинг сезонних змін погоди на Марсі та пересування марсіанських дюн (ізольовані області в кратерах, які було відкрито ще КА "Mariner-9" в 1970-ті роки). Продовжується також місія марсохода "Mars Pathfinder", який був спущений з цього КА на поверхню Марса. У програмі досліджень марсохода найцікавішим є вивчення знаменитих каналів на Марсі та взяття проб ґрунту з місць, що досі не досліджувалися.

У жовтні 1997 р. стартував найбільший з міжпланетних апаратів НАСА, КА "Cassini", призначений для досліджень Сатурна, його супутників та кілець. На КА є спеціальний зонд ЄКА "Huyngens" для дослідження супутника Титан, в атмосфері якого багато азоту та є органічні молекули. На зонд покладено завдання встановити наявність чи відсутність океанів метану, які у 1980 р. відкрив КА "Voyager-1". Розраховано, що КА зробить кілька гравітаційних маневрів – два біля Венери, потім біля Землі і Юпітера, після чого траєкторію КА буде спрямовано до Сатурна. На орбіту навколо Сатурна КА "Cassini" вийде 2004 року, а потім протягом чотирьох років буде працювати на відстані 490000 км від планети та обстежить кілька супутників Сатурна. Вчені сподіваються, що картографування кілець Сатурна та визначення їхнього хімічного складу дасть відповідь, чи могли б кільце утворитися внаслідок катастрофічного вибуху одного з супутників Сатурна.

Більш ніж десятирічний політ ОКС "Мир" дав можливість вдосконалити проведення в умовах мікрогравітації наукових експериментів в області медицини, біології та відпрацювати методики створення нових композиційних матеріалів, проводити довготривалий моніторинг Землі та середовища, що оточує ОКС і Землю. На борту станції постійно працювали космонавти (за винятком певних періодів, коли з технічних причин станція функціонувала у непілотованому режимі). Починаючи з липня 1995 р., до радянської програми ОКС "Мир" приєдналося НАСА. Американські КК серії "Space Shuttle" десять разів стикувалися зі станцією, а сім астронавтів по черзі працювали у складі екіпажів ОКС "Мир" і загалом провели на ній 977 днів. Приєднання НАСА до програми "Мир" збільшило кількість відвідування ОКС космічними кораблями,

що сприяло швидшому поверненню результатів наукових досліджень на Землю та вчасній доставці обладнання і матеріалів на ОКС. На станції "Мир" працювало 43 астронавти (включаючи членів екіпажів "Shuttle"), 40 російських космонавтів і 17 космонавтів-дослідників з країн ЄКА, а також Афганістану, Болгарії, Японії, Казахстану і Сирії. Біля 100 т палива і обладнання доставляли більш ніж сорок КА "Прогрес". 20 лютого 1999 р., у день 13-річчя перебування ОКС "Мир" на орбіті, на станцію прибув 27-й екіпаж у складі В. Афанасьєва (Росія), Ж.-П. Еньєре (Франція) та І. Белла (Словаччина), повернення яких на Землю відбулося досрочно через аварійні умови на ОКС.

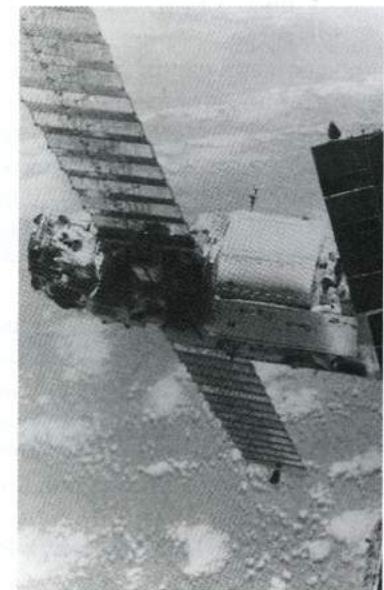
На ОКС "Мир" українськими вченими було виконано ряд експериментів з космічної технології.

Спеціалісти ІЕЗ НАНУ разом з російськими колегами розробили ферми і агрегат для розгортання в космосі системи енергозабезпечення модуля "Кристал". Ферма була базовою конструкцією протяжних сонячних батарей модуля, який був пристикований до ОКС у травні 1991 р. Після стикування модуля з ОКС за командою з ЦКПа сонячні батареї було повністю розкрито на довжину 15 м. В 1995 р. ферми було демонтовано і перенесено на нове місце ОКС. В 1997 р. після невдалої стиковки КА "Прогрес" з ОКС, була використана аналогічна трансформуюча ферма для заміни сонячних батарей на модулі "Квант", що збільшило енергетичну потужність станції. Експерименти з демонтажу сонячних батарей і заміни їх на нові було виконано спільно з американськими колегами, зокрема сонячна батарея для наукового модуля "Квант" була доставлена екіпажем КК "Space Shuttle Atlantis".

Як вже зазначалося, протягом 1990-х років на ОКС з участю українських вчених були проведені фундаментальні дослідження з космічної біології та медицини. Так, в 1991 р. вперше в космічному польоті була доведена здатність органів рослин (картоплі) до вегетативного розмноження. Продовжено експерименти з щурами, тритонами, культурами остеобластів мишій для досліджень вмісту кальцію і вивчення остеогенезу. Зміна кальцієвого балансу у живих істот під час космічного польоту є однією з найактуальніших проблем сучасної космонавтики, зокрема було доведено, що змінена гравітація діє за допомогою іонів кальцію для передачі сигналів у внутрішньоклітинній системі. Більшість з фізіологічних змін, які відбуваються в організмі астронавтів під час довготривалої дії мікрагравітації, подібні до тих змін, що пов'язані зі старінням людсь-

кого організму на Землі. Вважається, що численні біологічні експерименти і постійний медичний моніторинг космонавтів, які виконано на ОКС і плануються на майбутній Міжнародній космічній станції, дозволить побудувати модель, яка б відтворила ланцюг послідовних подій, що відбуваються в організмі людини під час її фізичного і хронологічного старіння. Вчені сподіваються, що біологічні дослідження в умовах довготривалого орбітального польоту допоможуть з'ясувати найважливішу проблему — роль гравітації в генезисі, існуванні та еволюції живого на Землі.

Неважаючи на технічні неполадки, що трапилися на станції в 1999 р. і траплялися раніше (зокрема дві аварії у 1997 р.: розгерметизація наукового модуля "Спектр" внаслідок невдалого ручного (у телекомандному режимі) стикування станції з вантажним КК "Прогрес", а пізніше — відмова у роботі головного комп'ютера), спеціалісти вважали, що станція "Мир" ще не використала всі свої ресурси, і її робота може бути продовжена до 2002 р. Однак для її функціонування необхідно 200—250 мільйонів доларів щорічно, а такий обсяг фінансування може забезпечити тільки міжнародна кооперація. Останнє було нереальним, оскільки всі великі космічні держави світу сконцентрували значні зусилля і фінанси на створення Міжнародної космічної станції. У лютому 2000 р. Російське космічне агентство оголосило, що програма ОКС "Мир" буде продовжена. Комерційна компанія "Mir Corporation", яку очолює американський мільйонер У. Андерсон, взяла ОКС в аренду і зобов'язалася взяти на себе витрати на її експлуатацію. За угодою між РКК "Енергія" і "Mir Corporation" передбачалося використовувати ОКС для здійснення космічного туризму, наукових і медичних експериментів та рекламних проектів. Це співробітництво сприяло тому, що 4 квітня 2000 р. на станцію "Мир" після 8-місячної перерви відправився російський екіпаж космонавтів КК "Союз ТМ-30" — С. Залетін і О. Калері. Перед космонавтами стояла задача розконсервувати станцію і перевести її в пілотований режим, а також знайти причину розгерметизації ОКС та визначити надійність функціонування обладнання для подальшої роботи орбітального комплексу. Планувалося, що у складі цієї 28-ї експедиції на ОКС "Мир" відправиться російський актор кіно В. Стеклов для участі у зйомках художнього фільму, але його політ було відмінено, а декілька сцен для фільму зняв екіпаж космонавтів. Після 70-добового перебування на ОКС екіпаж повернувся на Землю, доповівши, що експлуатація ОКС "Мир" може бути продовженою. 2000-й рік вніс корективи у вищезгадані плани. Оскільки станцію планувалося використовувати 4,5 роки, а перебувала вона на орбіті 15 років, з'ясувалося, що корпус ОКС "Мир", який весь цей час витримував удари метеоритів, вже зносився більше ніж наполовину. По-друге, космічні агентства світу, у т. ч. і "Росавіакосмос", вже найбільшу увагу приділяють Міжнародній космічній станції, яка прийшла на зміну ОКС "Мир". Тому Росія прийняла рішення припинити експлуатацію станції, звести її з орбіти і затопити уламки у Тихому океані між Новою Зеландією і Австралією.



Сонячна батарея
станції "Мир"



Екіпаж ОКС "Мир" (Ш. Лусід, Ю. Усачов та Ю. Онуфрієнко) у модулі "Природа".
Знімок НАСА/РКА

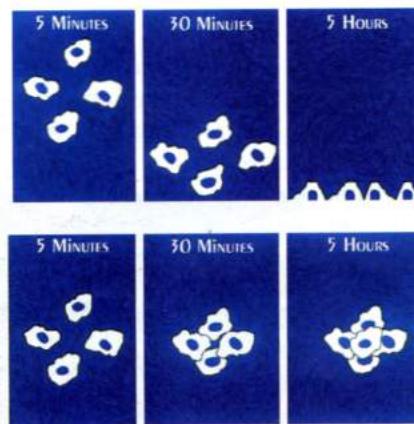
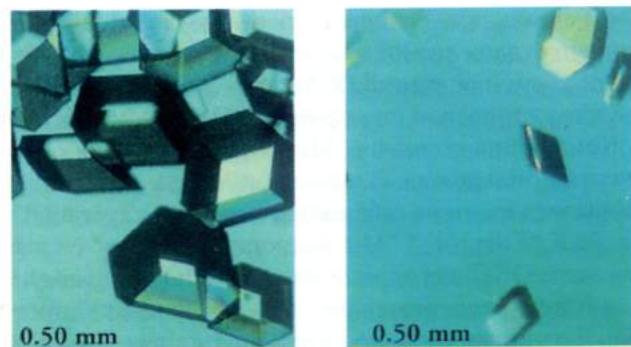
З цією метою 27 січня 2001 р. вантажний КК "Прогрес" виконав останнє стикування з ОКС і доставив паливо для виконання керованого спуску станції (система автоматичного стикування "Курс", яка використовувалася на ОКС "Мир", виготовлена київським заводом "Курс"). Після цього орбіту 137-тонної станції почали поступово щоденно знижувати, і 23 березня 2001 р. ОКС "Мир" припинила своє існування.

В історії космонавтики лише останні 15 років були роками цілеспрямованих експериментів з дослідження ефектів впливу мікрогравітації на живу і неживу природу. Але, незважаючи на такий короткий проміжок часу, їхні результати вже застосовуються в промисловості. Скориставшись матеріалами НАСА "Improving life on Earth and in space. The NASA Research Plan. Overview", наведемо

Відомо, що діабет є третім за поширеністю у світі захворюванням, яке приводить до смерті людини, а також до таких ускладнень, як сліпота та ампутація кінцівок. Кристали інсуліну, які вирощено в умовах космічного польоту (фото зліва), значно більші за розмірами і мають чіткішу структуру, ніж інсулін, який виробляється в земних умовах (фото справа). Цей результат вже використовується для виробництва лікарських препаратів, що покращать властивості інсуліну, виробленого в земних умовах.

декілька цікавих прикладів використання унікального ефекту мікрогравітації при проведенні наукових та технологічних експериментів, які демонструють успішну комерціалізацію результатів експлуатації ОКС.

Вже описувалося, що умови мікрогравітації є найсприятливішими для вирішення таких фундаментальних проблем біотехнологій, як вирощування високоякісних протеїнових кристалів для фармацевтичних досліджень та вирощування тривимірних зразків тканин в лабораторних культурах. Серія таких досліджень, виконаних на ОКС "Салют" і "Мир", КК "Space Shuttle" та в наземних біореакторах, в яких відтворюються умови низької гравітації, вже значно просунули можливості протидіяти таким захворюванням, як СНІД, емфізема, грип, діабет.



Культивуючи біологічні тканини в земних лабораторіях, вчені мають справу з одновимірним шаром клітин (зверху) замість тривимірної форми, яка притаманна людському організму. В умовах відсутності гравітації (в космічній лабораторії), клітини "збираються" в тривимірні структури, які майже відтворюють природний стан тканин (знизу). Такі дослідження особливо важливі для вивчення властивостей тканин ракових пухлин та вірусу імунодефіциту на культурах лімфотичної тканини.

Завдяки орбітальним дослідженням було сконструйовано новий клас так званих нейромінідазних інгібіторів грипу, які вже проходять клінічні іспити. Інгібітори блокують функціонування нейромінідазних ензим в організмі людини, які грають ключову роль в інфекційному циклі грипу.

Революційними виявилися результати досліджень з фізики рідин і газів в умовах зміненої гравітації. Наприклад, на Землі рідина тече в трубах, заповнюючи її нижню частину, в той час як повітря залишається у верхній частині. В умовах відсутності гравітації рідина тече симетрично вздовж всієї довжини труби, дотримуючись її середини. Також при відсутності дії гравітації поверхнева напруга надає майже ідеальної сферичної форми краплям рідини, а стійке кипіння рідини не тільки можливе, але й відбувається з підвищеною віддачею теплоти у порівнянні з земними умовами. Якщо перший результат є важливим для хіміко-технологічних процесів і метеорології, то другий можна використати при розробці парових генераторів, які використовуються більшістю електростанцій на Землі.

Поведінка рідини на Землі (зверху) та в умовах мікрогравітації (знизу)



Поступово впроваджуються у виробництво результати орбітальних досліджень дії мікрогравітації для покращення властивостей і створення нових видів металів, напівпровідників, кераміки, полімерів, скла. Наприклад, "космічні" кристали мають набагато менше дефектів, ніж виготовлені на Землі, а напівпровідникові плівки, отримані за допомогою космічних вакуумних пристроїв — барокамер — здатні здійснити революцію в мікроелектроніці. Без орбітальних експериментів неможливо було б вдосконалити теорію і математичну модель формування і розвитку дендритів (деревоподібних структур), які є головними будівельними блоками більшості металевих виробів. Цікавими видалися дослідження аерогелів — найлегших твердих субстанцій (тільки втричі важчих, ніж повітря!) і найкращих у світі ізоляторів (аерогельний ізолятор товщиною 2.5 см здатний захищати шматочок шоколаду від нагріву паяльної лампи!). Скажімо, аерогелі незамінні у виготовленні надізоляційних вікон. Але зразки, виготовлені на Землі, містять в собі великі пори, які розсіюють світло, в той же час розмір пор "космічних" зразків вчетверо менший, що приводить до зменшення світлового розсіяння в 4000 разів і покращення прозорості. Вже зараз глобальний ринок аерогелів включає до 800 найменувань, — від сюрфінгів до окремих частин КК.

З'ясовано, що гравітація грає ключову роль у розвитку процесу горіння різних матеріалів, яке має не тільки позитивні властивості, але, на жаль, може призводити до великих економічних збитків у разі природних пожеж. Зараз немає адекватної теорії, яка б могла передбачити повністю поведінку вогню, — і це при тому, що горіння широко використовується і контролюється у виробництві енергії, транспортних двигунах, нагрівальних пристроях від свічки до доменних печей. Найкращими умовами для вимірювань характеристик горіння є вимірювання на великих, стійких, повільних і симетричних пломенях, які мають гарну часо-просторову роздільну здатність. Через гравітацію такі експерименти неможливо проводити на Землі, і орбітальні умови стають унікальними для досліджень горіння. За своїм значенням майже так само, як астрономічні спостереження з орбітальних телескопів уникають перешкод, пов'язаних з земною атмосферою, орбітальні експерименти з горіння уникають проблеми дисторції (перекручування) пломеня в результаті дії гравітації. Не менш важливим наслідком цих досліджень стане ефективніше використання горіння для поступового зменшення забруднення атмосфери Землі і запобігання глобальному потеплінню.

Процес горіння на Землі (зверху) та в умовах мікрогравітації (знизу)



В 1986 – 2001 рр. на ОКС “Мир” – унікальній міжнародній науковій лабораторії – здійснено 249 успішних експериментів 240 найменувань, які були підготовлені спеціалістами 27 країн світу. Загальна маса експериментального обладнання і матеріалів склала 11.5 т. Більшість експериментів була виконана у міжнародній співпраці. За попередніми даними, частина міжнародних експериментів від їхньої загальної кількості така: в галузі біотехнологій – 83 %, медицини – 63 %, біології – 60 %, геофізиці і астрофізиці – 6 %, технології – 40 %, матеріалознавстві – 17 %. Величезний обсяг нових даних ще буде проаналізовано і отримає належну оцінку. За 14 років функціонування ОКС об’єм телеметричної інформації склав 1.1×10^{12} (що еквівалентно 100 тис. томів енциклопедичних книг), а маса корисного поворненого вантажу – 603 кг. На борту ОКС було реалізовано 27 міжнародних програм (у тому числі 7 з США, 6 з Францією, по 2 з Німеччиною і ЄКА). Протягом 1997–1999 рр. за програмою “Мир” – НАСА було виконано 73 експерименти, а за програмою Російської АН – 136 експериментів. На жаль, через технічні негаразди, які спіткали ОКС “Мир”, певна частина цікавих експериментів залишилася невиконаною, у тому числі 6 експериментів з використанням апаратури, яка була розміщена в модулі “Спектр” (місце розгерметизації якого так і не вдалося локалізувати, і модуль прийшloся закрити), та 3 експерименти через зменшення кількості польотів вантажних КК “Прогрес”. Експерименти, які проводилися в кінці 1990-х років на ОКС, у тому числі під час російсько-американського співробітництва за програмою “Мир” – НАСА, стали надбанням міжнародної наукової спільноти і базою для розробки програми експериментів на Міжнародній космічній станції.

Місячні космодроми – фантазія чи реальність?

Міжнародна космічна станція

Mісії назустріч ХХІ сторіччю

Нові транспортні системи

1998 р. – 12 квітня 2001 р.



Міжнародна космічна станція (МКС) – визначний міжнародний проект, в основу якого покладено нові ідеї монтажу і функціонування орбітальних космічних станцій. Монтаж МКС на орбіті розпочався 1998 р. запуском функціонального вантажного блоку "Заря" (Росія) та наступним стикуванням з блоком "Unity" (США).



Сенсація 2001 р.: КА "NEAR-Shoemaker" вперше в історії здійснив посадку на астероїд



Знімок з висоти 130 м за хвилину до посадки
КА "NEAR-Shoemaker"
на поверхню астероїда Ерос

Така знаменна хронологічна дата, як початок нового століття і тисячоліття, свідками якого нам пощастило стати, певною мірою стимулювала формування нової філософії життя людства. Космічні агентства світу планували нові програми і проекти, випробовували нові транспортні системи і технології. Три події 1998 р. засвідчили, що розпочинається новий етап практичної космонавтики.

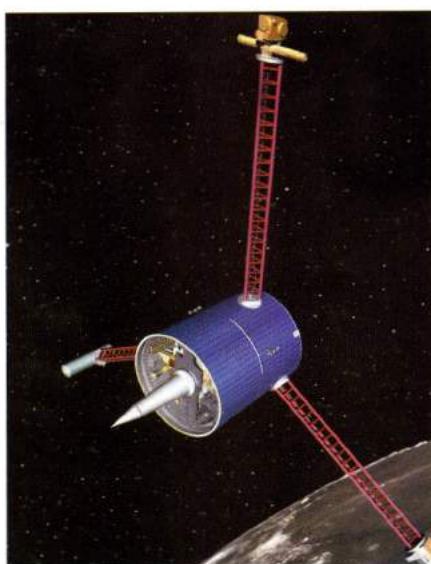
7 січня 1998 р. НАСА запустило КА "Lunar Prospector" з метою вивчення хімічного складу поверхні Місяця, його ядра і кори та виявлення перспективних ресурсів для будівництва і життєдіяльності майбутніх місячних баз, які можуть бути використані як космічний плацдарм для польотів до інших планет. КА було розроблено НАСА за новою програмою "Швидше, краще, дешевше", і його вартість склала усього 63 млн дол. На борту КА було встановлено спеціальний нейтронний спектрометр для пошуку водяного льоду в холодних приполярних районах Місяця, відкритого раніше КА "Clementina". 1998 р. КА "Lunar Prospector" з відстані 100 км провів сelenографічні дослідження поверхні Місяця для побудови його нового атласу та виконав картографування магнітного та гравітаційного полів з більшою точністю, ніж це було у попередніх місяцях. Перші результати обробки даних нейтронного спектрометра показали, що у полярних кратерах є водяна крига, вага якої разом із домішками реголіту досягає 6 мільярдів тонн, при цьому запасів льоду на північному полюсі на 15 % більше, ніж на південному. За оцінками експертів розміри областей, що містять силікатно-льодяну суміш, складають на північному полюсі 10–50 тис. кв. км, а на південному – 5–20 тис. кв. км. Щоб перевірити цей фантастичний висновок, НАСА відважилося 31 липня 1999 р. "розбити" цей

160-кілограмовий КА у точно вирахованому місці, де, як вважалося, з імовірністю до 10 % є вода. На цей час КА майже вичерпав свій ресурс. На жаль, спектрометричний аналіз піднятих ударом уламків місячного ґрунту, який виконувався наземними обсерваторіями і орбітальним телескопом Хабла, ознак

води не виявив (очікувалося зафіксувати УФ-емісію гідроксильних молекул). Як відомо, негативний результат також є результатом, і він зараз аналізується вченими. Серед багатьох пояснень є такі: КА не влучив у місце, де є вода; енергії удару виявилося недостатньо для розщеплення води і гідратних мінералів; поле огляду телескопів було недостатнім; в попередніх даних, отриманих КА, було знайдено не воду, а чистий водень.

Таким чином, остаточної відповіді на питання про наявність льодяної криги на Місяці не отримано. За однією з найімовірніших гіпотез вважається, що цей лід був занесений на Місяць під час бомбардування його поверхні метеоритами або кометами з так званого поясу Койпера. Цей пояс транснептунових кометоподібних тіл, які знаходяться на відстані 30–100 а. о. від Сонця (1 а. о. = 149.6 млн км), містить в собі біля 30 тисяч об'єктів з діаметрами більш ніж 100 км та понад 100 мільйонів невеликих льодяних тіл розмірами до 20 км (можливо, Плутон з супутником Хароном та супутник Нептуна Тритон також є представниками поясу Койпера). Накопичення молекул води, що попали під час бомбардування Місяця кометами у його "холодні пастки" і не змогли з них "вирватися", йшло більш ніж 4 млрд років. Аналіз таких льодяних місячних прошарків важливий не лише з космогонічної точки зору, тому що містить інформацію про будову Сонячної системи, а й з точки зору розвитку практичної космонавтики. Одним із аргументів для вибору місця розташування місячних баз буде питання водозабезпечення, тому біляполюсні райони стають найпривабливішими для цього місця. По-друге, через те, що вісь обертання Місяця майже перпендикулярна до площини його навколосонячної орбіти, приполярні області майже не освітлюються Сонцем і мають контрастні температурні умови. Таким чином, затемнені холодні заглибини, в яких, можливо, є лід, до того ж розташовані поруч з гірськими районами, які майже постійно освітлюються Сонцем, – це ідеальні з точки зору як водопостачання, так і енергозабезпечення місця для побудови майбутніх місячних баз. Відкриття джерел води на Місяці може також зробити економічнішими майбутні польоти як до Місяця, так і до інших планет з місячних баз, оскільки кисень і водень, з яких складається вода, є дешевим ракетним паливом. Отже, якщо на Місяці все-таки є лід, то це може приблизити людство на початку нового тисячоліття до втілення найфантастичніших мрій попе-

КА "Lunar Prospector", запущений 1998 р. з метою виявлення перспективних ресурсів для будівництва місячних космодромів



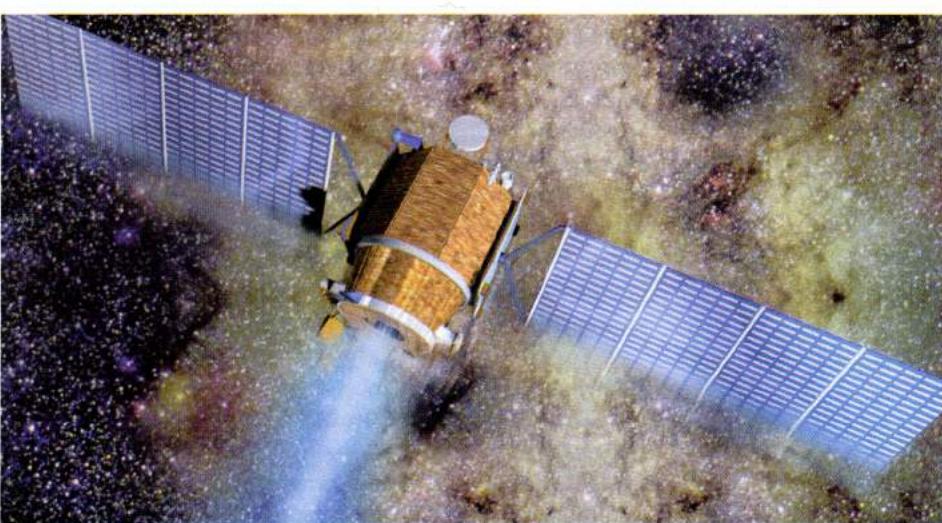
редніх поколінь — можливості місячних поселень. За час свого короткого, але “героїчного” існування КА “Lunar Prospector” дослідив також гравітаційне поле Місяця та підтвердив наявність слабкого магнітного поля. Місяць стає ареною міжнародної космічної співпраці. ЄКА планує дослідження південного місячного полюса (КА “Euromoon 2000”), а Японія — дослідження місячного підповерхневого ґрунту (КА “Lunar A”) та картографування поверхні (КА “Selene”, запуск у 2003 р.).

У жовтні 1998 р. НАСА зробила перший запуск КА за новою космічною програмою (New Millennium Program) з метою випробування нових технологій, які будуть використовуватися у наукових космічних експедиціях ХХІ сторіччя. Серед 12 запланованих експериментів на борту КА “Deep Space-1” — перевірка плазмового двигуна, автономної системи оптичної навігації, сонячних батарей-концентраторів, інтегрованої оптичної камери та спектрометра для отримання зображень. У 1999 р. новітня автономна система навігації вже пройшла успішну перевірку під час зближення КА на відстань 26 км (!) з астероїдом 9969 Брайль. Його поверхня, як і відомого астероїда Вести, має найбільше альбедо серед астероїдів головного поясу, і можливо, ці астероїди колись були частинами одного космічного тіла.

20 листопада 1998 р. запуском функціонального вантажного блоку “Заря” російським РН “Протон” розпочався монтаж на орбіті Міжнародної космічної станції (МКС). Космічна станція буде зібрана на орбіті до 2005 р. за участю США, Росії, Японії, Канади, країн, що входять до ЄКА (Бельгії, Великобританії, Данії, Іспанії, Італії, Нідерландів, Німеччини, Норвегії, Франції, Швейцарії, Швеції) та Бразилії.

Історія створення МКС вже нараховує 12 років. 1988 р. НАСА підписало відповідні угоди з Канадським космічним агентством та ЄКА, а 1989 р. — з Японією. Проект МКС декілька разів переглядався, головним чином через великі витрати. Тільки 1995 року, коли НАСА отримало підтримку президента США Б. Клінтона у тому, що щорічно США на створення МКС буде витрачати близько \$2 млрд, цей проект почав втілюватися в життя. Його долю також суттєво підсилив той факт, що до виконання проекту приєдналася Росія, передбачивши використання для МКС головних апаратних блоків, які планувалися для ОКС “Мир-2”. У січні 1998 р. було підписано угоду між всіма космічними партнерами та затверджено схему монтажу МКС на орбіті. За цією схемою передбачалося, що до січня 2001 р. будуть зібрані головні елементи МКС: російський службовий модуль, перший з американських енергетичних модулів та американський лабораторний модуль, а також доставлено на орбіту канадський робот-маніпулятор для подальшого стикування елементів конструкції станції.

Ця схема зазнала змін, і в 1998—2000 рр. виконувався такий графік побудови МКС. Відбулися шість головних польотів до станції. Контрольний модуль “Заря”, прототипом якого були КА важкого класу “Космос”, виготовлено Росією на замовлення США. Він забезпечить сонячну енергетику МКС, порти стиковки для наступних модулів, керування положенням та переміщенням конструкцій протягом початкового етапу збирання МКС. Пізніше блок “Заря” буде використано як додатковий стикувальний порт і зовнішній паливний модуль. У грудні 1998 року перший екіпаж багаторазового КК (STS-88) виконав інженерні роботи з американським службовим модулем “Unity” (Node 1), який 7 грудня 1998 р. було з’єднано з блоком “Заря” за допомогою руки-маніпулятора КК “Space Shuttle”. Цей мо-



КА “Deep Space-1”,
запущений 1998 р.
на зустріч з астероїдом.
КА виготовлено
з використанням
новітніх технологій,
які будуть
використовуватися
у ХХІ ст.

дуль обладнаний шістьма портами для подальшого стикування з основною фермою станції, другим американським модулем, спостережним куполом, службовим і контрольним модулями. 27 травня 1999 р. до станції полетіла перша короткотривала експедиція КК "Space Shuttle Discovery" (STS-96), екіпаж якої перевірив працездатність станції, доставив обладнання, створив комп'ютерну мережу на МКС та змонтував вантажний кран на модулі "Заря". У зв'язку з затриманням запуску наступного модуля станції — блоку "Звезда", 19 травня 2000 р. до станції стартувала позачергова експедиція (STS-101), головною метою якої було провести корекцію орбіти двомодульної зв'язки "Заря-Unity". 12 липня 2000 р. РН "Протон-К" вивела на орбіту російський службовий модуль "Звезда", а 26 липня 2000 р. відбулося стикування 22-тонного модуля з блоками "Заря" та "Unity". "Звезда" є "серцевиною" російського сегмента станції, — суто російський внесок до проекту МКС. Цей блок — житловий модуль, який забезпечить функціонування системи життезабезпечення для всіх інших модулів та навігаційні потреби станції. Поступово він забере на себе більшість операцій, які виконуються блоком "Заря", а також буде головним стикувальним портом для вантажних російських кораблів. 8 вересня 2000 р. міжнародний екіпаж (STS-106) доставив обладнання на станцію та виконав необхідні інженерні роботи перед візитом першої довготривалої експедиції, а 11 жовтня 2000 р. екіпаж STS-92 доставив центральний блок головної ферми, одну з компресійних камер, гіроскопічний прилад контролю висоти МКС над Землею та комунікаційну систему Ку-діапазону. 31 жовтня 2000 р. РН "Союз" вивела з космодрому Байконур першу довготривалу експедицію на МКС у складі: астронавта Ульяма Шепарда (США), космонавтів Юрія Гідзенка та Сергія Крикальова (Росія). Протягом чотирьох місяців астронавти обживали станцію і, вже будучи її першими господарями, "зустрічали" чергові екіпажі і вантажні кораблі, а головне — розпочали наукову програму досліджень. Так, вже у грудні 2000 р. було розгорнуто сонячні батареї, доставлені експедицією STS-97. 10 лютого 2001 р. до тримодульної зв'язки МКС "Заря — Unity — Звезда" було достиковано четвертий блок — американський лабораторний модуль "Destiny", доставлений на орбіту екіпажем КК "Space Shuttle Atlantis" (STS-98). Цей модуль — майбутній мозок всієї станції, на ньому будуть встановлені п'ять багажних відсіків з інструментами та науковим обладнанням, а до 2006 р. завершиться його повне оснащення. Після стикування з модулем "Destiny" Міжнародна космічна станція стала найбільшим заселеним штучним об'єктом в історії освоєння космосу. 10 березня 2001 р. КК "Space Shuttle Discovery" доставив на МКС

новий екіпаж: космонавт Юрій Усачов (Росія, командир МКС), астронавти Джим Восс та Сьюзен Хелмс (США). Астронавти розгорнули одну з сонячних батарей та виконали стикування МКС з новим модулем "Leonardo". Програма досліджень цього екіпажу також розрахована на чотири місяці.

Передбачається, що 2001 р. міжнародні екіпажі доставлять на МКС стикувальну камеру для КК "Союз"; італійські багажні модулі "Rafaello" та "Donatello"; повітряний замок Joint Airlock та компресійну камеру для виходу астронавтів і космонавтів у відкритий космос. Важливою подією монтажу МКС буде політ екіпажів STS-100, STS-108 та STS-109, які привезуть на станцію канадські робот-маніпулятор, пересувний транспортер та мобільну базову систему для маніпулятора, після чого стане можливим виконання монтажних операцій по всій фермі станції без виходу астронавтів у відкритий космос. Екіпаж STS-108 також доставить на МКС центральний сегмент стометрової ферми станції, яка буде прикріплена до американської лабораторії.

За графіком побудови станції, до кінця 2003 р. МКС вже буде містити в собі всі сегменти фермової конструкції, російську наукову енергетичну платформу з чотирма сонячними батареями, другу механічну руку-маніпулятор ЄКА, другий американський модуль ("Node 2") та універсальний стикувальний вузол. 2004—2005 рр. до МКС приєднаються такі головні блоки, як японські експериментальний модуль, науковий модуль "Kibo" та рука-маніпулятор; внутрішні та зовнішні багажні модулі; наукова лабораторія ЄКА "Columbus"; протимірометеоритний щит "Звезда" та спостережний купол з 8 вікнами, який дозволить екіпажу керувати роботами у відкритому космосі за допомогою руки-маніпулятора; третій американський стикувальний модуль ("Node 3"), який буде зістиковано з блоком "Unity" і пізніше з американським житловим модулем і апаратом аварійної евакуації екіпажу; перший з двох російських лабораторних модулів. Важається, що в цей період на станції вже буде працювати повний екіпаж з шести-семи астронавтів. 2006 р. після стикування другого російського наукового модуля до російського сегмента МКС та американського наукового модуля-центрифуги до блока "Node 2" побудову МКС буде завершено. Зазначимо, що на другому російському науковому модулі передбачається виконання спільних російсько-українських експериментів.

Монтаж МКС на орбіті є дуже відповідальним етапом, оскільки на Землі не вдалося комплексно відправити процедуру збирання більшості елементів МКС. Більш ніж 100 елементів МКС планується з'єднати під час 45 польотів транспортних кораблів

(серії "Space Shuttle", "Союз-ТМ", "Прогрес"), а близько 50 кораблів додатково доставлять на станцію екіпажі і обладнання. Монтаж МКС вимагатиме понад 1700 годин "космічних доріг", — це набагато більше, ніж було затрачено за весь час пілотованої космонавтики. 2006 р. планується повністю завершити збирання МКС на орбіті висотою 350 км і розпочати п'ятнадцятирічний період активної експлуатації станції на робочій орбіті висотою 410—450 км. Станція матиме ширину 108.6 м та довжину 79.9 м, масу близько 400 тонн та загальний внутрішній об'єм 1217 куб. м. МКС буде здійснювати один виток навколо Землі зі швидкістю 30000 км/год, а траєкторія польоту дозволить вести спостереження 85 % поверхні Землі. Як зараз вважається, загальна вартість проекту МКС встановить \$95.6 млрд. Дизайн і конструкцію МКС в цілому визначено, але, безумовно, існують невирішені питання, у тому числі — яким КК доставляти космічний екіпаж на Землю у разі аварійної ситуації. НАСА планує побудувати новий КК, але не раніше 2003 р. Для підтримки МКС у робочому стані потрібно щорічно 170 людино-годин роботи у відкритому космосі і чотири-п'ять польотів КК. Амбіційна наукова програма з участю сотні тисяч науковців і інженерів всього світу буде здійснена на борту МКС та зовні. Планується провести всебічний моніторинг Землі і космосу; дослідження з фундаментальної фізики, у тому числі фізики низьких температур і конденсованого стану речовини, лазерного охолодження, фізики рідини, атомної і релятивістської фізики, процесів горіння та створення кристалів. Головна увага наукової програми буде приділена дослідженням у галузі мікрагравітації, космічного матеріалознавства, медицини, біотехнологій та наук про живу природу, а дослідження впливу довготривалого перебування у космосі на елементи конструкції станції дозволять сформувати концепцію міжпланетних пілотованих польотів та побудови майбутніх орбітальних споруд і планетних баз.

МКС відкриває новий етап освоєння космічного простору.

МКС — це в першу чергу безпрецедентний експеримент з міжнародного співробітництва, не тільки в галузі промисловості, науки і новітніх технологій, космічного права, але і експеримент зі взаємодією багатонаціональних змінних екіпажів астронавтів, які протягом 15 років будуть працювати на орбіті — передбачається, що МКС забезпечить перебування більше 25000 "екіпажо-днів" (70 років!) на орбіті.

На МКС буде виконано значно більший обсяг експериментів, ніж це було зроблено на ОКС серії "Салют", "Skylab" та "Мир". Плануючи і погоджуючи перелік експериментів, НАСА запропонувало певну концепцію, якій ці експерименти повинні відповідати.

А саме, сформовано шість фундаментальних питань, у відповідях на які МКС повинна відігравати ключову роль:

— Як формувався і еволюціонує Всесвіт, галактики, зірки і планети? Яким чином вивчення процесів, що відбувається у Всесвіті і Сонячній системі, може революціонізувати сучасні знання з фізики, хімії і біології?

— Чи існує життя де-небудь, крім нашої планети, незалежно від його форми, структури, вуглецевої чи іншої природи?

— Як краще використати наші знання про Сонце, Землю та інші планети, щоб попередити екологічні, кліматичні та інші природні катаklізми та покращити якість життя на Землі?

— Яка фундаментальна роль гравітації і космічного випромінювання для функціонування біологічних, фізичних і хімічних систем у космосі, у Сонячній системі, на Землі? Як застосувати наші знання для впровадження постійної присутності людини у космосі з метою покращення життя на Землі?

— Як вдосконалити технологію авіа- та космічних польотів, щоб мінімізувати втрати для навколошнього середовища і для глобальної безпеки Землі?

— Яким передовим науково-технологічним рішенням та промисловим інноваціям надати режим найбільшого сприяння для продуктивнішого і економічнішого розвитку досліджень? Як забезпечити найбільш ефективну передачу наукових знань для досягнення комерційного успіху?

Завдяки сучасним досягненням "теленауки", МКС забезпечуватиме не тільки "віртуальну присутність" науковців і виконання ними експериментів на орбітальній лабораторії", але і проведення "телефуроків" з фізики, астрономії, біології, матеріалознавства, хімії та інших дисциплін для школярів і студентів.

Очікується, що експерименти з поведінкою рослин і тварин в умовах мікрагравітації та результати постійного медичного обстеження членів екіпажів та систем їхнього життезабезпечення стануть цілеспрямованими кроками для планування майбутніх довготривалих польотів.



ривалих місій землян, зокрема на Марс, перша з яких планується на 2014 р. При цьому, безумовно, роль МКС з точки зору підготовки польотів людини на Марс не стане визначальною хоча б з таких причин. Головною перепоною на шляху до Марса вважається втрата людиною кісткової маси під дією довготривалої мікрогравітації та космічної радіації. Щоб запобігти цій перешкоді, майбутній марсіанський КК буде дообладнаний, скоріш за все, окремим модулем зі штучною гравітацією. Вивчити ж на МКС шкідливий вплив космічної радіації на життєдіяльність екіпажу у повному обсязі також не вдається, оскільки для цього орбіта станції занизька. Найголовніша роль МКС полягає в тому, що проект з її створення і подальшої експлуатації став першим міжнародним кооперативним підприємством такого величного масштабу і закладає основи розвитку ОКС ХХІ сторіччя.

Безумовно, серед всіх планет Сонячної системи Марс залишається об'єктом найбільшої уваги і науковців, і громадськості. З одного боку, на питання, чи є життя на Марсі і яке воно, не отримано остаточної відповіді. З іншого боку, Марс поки що залишається планетою, дослідження якої космічними апаратами завершувалися найбільшою кількістю аварій. Третина "марсіанських" КА не долетіла до Марса, а більшість з них, які долетіли, потрапляли в аварійні ситуації. 1999 рік збільшив цю негативну статистику. Після успішного запуску у грудні 1998 р. КА "Mars Climate Orbiter" досягнув Марса у вересні 1999 р., але під час переходу на кругову орбіту зв'язок з ним обірвався. Як потім з'ясувалося, на цю аварію впливнув людський фактор. Міжнародні команди, які готували різні системи КА, не провели їхнього повного узгодження, у тому числі використовували різні метричні системи відліку (подібно до запуску першої європейської РН "Європа-1" наприкінці 1960-х років), а це привело до того, що замість запланованої висоти орбіти 150 км КА опинився на висоті 60 км. Другий КА, "Mars Polar Lander", з двома мікрозондами "Deep Space-2" на борту для дослідження поверхні південного полюса Марса, який стартував слідом за КА "Mars Climate Orbiter" у січні 1999 р., ус-

падкував його долю. У грудні 1999 р. після входження КА в атмосферу Марса з ним припинився зв'язок.

Освоєння космосу стало невід'ємною частиною людського життя. Наше покоління було свідком величезних здобутків в цій галузі. У найближчі 10 років близько 50 наукових КА НАСА, ЕКА, Росії, Японії, України, Китаю та інших країн виконуватимуть свої місії з дослідження таємниць Всесвіту, походження життя на Землі, а також сприятимуть розвитку науково-технічного прогресу земної цивілізації. Втілення в життя цих проектів вимагатиме розробок нових РН та КА, створення новітньої наземної космічної інфраструктури, нових матеріалів, космічних технологій та засобів передачі інформації, залучення до космічних досліджень нового покоління фахівців, спроможних не тільки здійснити ці проекти, але й обробити якісно нові дані.

20 листопада 1999 р. до космічного клубу країн, які можуть виводити в космос власні пілотовані кораблі, до якого досі входили лише США та СРСР (а потім Росія), увійшов Китай. Непілотований КК "Шенъчжоу" ("Корабель-бог") облетів Землю 14 раз, пробувши у космосі 21 годину, і приземлився у північній провінції Внутрішня Монголія. Хоч КК "Шенъчжоу" нагадує своєю конструкцією американські кораблі багаторазового використання "Apollo", цей запуск, безумовно, є великим досягненням китайської космічної науки.

8 лютого 1999 р. КА "Space Shuttle Discovery" вивів на орбіту КА "Stardust", що розпочав свій рух до комети Уальд-2. Це третій після КА "NEAR" і "Lunar Prospector" космічний апарат за програмою НАСА "Швидше, краще, дешевше". В 2004 р. цей КА приблизиться на мінімальну відстань до комети (100 км) і почне супроводжувати її протягом руху до Сонця. Під час цієї спільнотої подорожі відкриється капсула КА, в яку за допомогою спеціально сконструйованого барабана з липкою поверхнею буде захоплено речовину хвоста комети для доставки на Землю у 2006 р.

Нова космічна рентгенівська обсерваторія "Chandra" (запуск 1999 р.) та знімок "серцевини" Крабовидної туманності. Вперше отримано структуру центральної частини знаменитої туманності, де чітко видно кільце/спіраль та викиди, що йдуть від нейтронної зірки у напрямку, перпендикулярному до кільца/спіралі



В 1999 р. на навколоzemній орбіті з'явилися нові телескопи. Так, 5 березня здійснено запуск КА WIRE для створення нового каталогу галактик і квазарів в інфрачервоному діапазоні. З метою дослідженій міжзорянного середовища на орбіті працюють КА NASA SWASS і FUSE, шведський КА "Odin" (пошук кисню, вуглецю, води та дейтерію у міжзорянних хмарах у суб-мм-, далекому УФ- та мм-діапазоні). А 10 грудня 1999 р., з космодрому Куру у Французькій Гвінеї, єКА здійснило запуск найбільшого європейського наукового КА — багатодзеркального рентгенівського телескопа ABRIXAS для пошуку чорних дір та інших екзотичних об'єктів далекого Всесвіту. КА вагою 3900 кг виведено на орбіту новою європейською РН "Ariane-5". Але найперспективнішою зараз є місія рентгенівської обсерваторії "Chandra", телескоп якої складається з чотирьох гіперболоїдних дзеркал, — нового "вікна" у рентгенівський Всесвіт. Запуск КА "Chandra" відбувся 22 липня 1999 р., а названо його на честь видатного дослідника чорних дір і наднових, індійського астрофізика С.Чандрасекара. Ця космічна обсерваторія стала четвертою із серії "великих обсерваторій" NASA (HST, "Compton Gamma-Ray Observatory" та SIRTF — інфрачервоні обсерваторії, запуск якої призначено на 2001 р.). В кінці вересня 1999 р. КА "Chandra" зафіксував нове явище в Крабовидній туманності, яке ніколи раніше не спостерігалося: чітко означену кільцеву/спіральну структуру навколо "серця" туманності (кільце розташовано на відстані близько 1 св. року від зірки), та викиди, які виходять з нейтронної зірки у напрямку, перпендикулярному до цього кільця/спіралі. Аналіз явища дозволить з'ясувати механізм передачі енергії від зірки до туманності.

Продовжується унікальна місія КА "Voyager-1, 2". 1999 р. КА "Voyager-1" "випередив" КА "Pioneer-10" і став найвіддаленішим штучним об'єктом Всесвіту. КА рухається зі швидкістю 17.4 км/с і, подолавши шлях у 12.8 млрд км, знаходився 1999 р. на відстані біля 11 млрд км від Землі. В той же час КА "Voyager-2" знаходився на відстані 8.5 млрд км від Землі і рухався зі швидкістю 15.9 км/с. Обидва КА рухаються в майже протилежних напрямках від Сонця. В 1999 р. "Voyager-1" знаходився від Сонця на відстані, у 70 разів більшій, ніж відстань Землі від Сонця (яскравість Сонця на цій відстані у 5000 разів нижча, ніж при спостереженнях із Землі). КА рухається в екстремально холодних умовах, і потужність сонячної енергії, яка необхідна для підтримки його працездатності, дуже мала. Але завдяки наявності радіоізотопного теплового електричного генератора на КА спеціалісти NASA продовжують підтримувати з ним зв'язок. Той факт, що КА, запущений понад 20 років тому, продовжує передавати наукові дані на Землю, є визначним

технічним досягненням. Радіосигнали від "Voyager-1" досягають Землі приблизно за 10 годин. Такий сигнал, поданий 20-ватним радіопередавачем, настільки слабкий, що сумарна потужність, яка досягає земних антен, у 20 млрд разів менша за потужність батарейок для ручних електронних годинників. Прийом сигналів від обох КА виконується 34-метровими антенами мережі далекого космічного зв'язку ("Deep Space Network"), розташованими у США, Австралії та Іспанії.

Виконавши свою епохальну місію першопрохідців планет-гігантів, обидва КА "Voyager" зосредилися на дослідженії зовнішніх частин Сонячної системи. Вони знаходяться поза межами планетних орбіт, але залишаються у межах дії гравітаційного і магнітного поля Сонячної системи — геліосфери. Наукові прилади на обох КА реєструють сигнали, які надходять від найвіддаленішого вістря геліосфери — геліопаузи. На таких відстанях сонячний вітер, що заповнює геліосферу, активніше взаємодіє з зарядженими частками і міжзоряним магнітним полем. У цій зоні швидкість сонячного вітру раптово змінюється від надзвукової на дозвукову, створюючи граничний фронт ударної хвилі. Дані з "Voyager-1" свідчать, що КА пройде крізь цей ударний бар'єр у найближчі 2–4 роки, а це означає, що протягом наступних 10 років людство може мати змогу дізнатися і про точне положення ударного бар'єру та геліопаузи, і про умови проходження геліопаузи та виходу у міжзоряний простір. Наукові прилади КА "Voyager-2" проводжують передавати дані про стан плазмової складової сонячного вітру і її кореляції з сонячною активністю. Вважається, що КА "Voyager-1, -2" зараз знаходяться приблизно на середині свого шляху, а система життєдіяльності КА дозволить керувати ними до 2020 року, — на той час "Voyager-1" буде на відстані 20 млрд км від Землі, практично у 130 разів далі, ніж відстань Землі до Сонця.

9 лютого 2000 р. РН "Союз" вивів на орбіту новий російський КК "Фрегат" (розгінний блок багаторазового використання). КК оснащено унікальними двигунами, які можуть неодноразово вимикатися і вмикатися в польоті, у тому числі і для зміни курсу. КК може підняти до 4,2 т вантажу, він сумісний зі всіма РН, які використовуються у російській космічній програмі. Планується, що "Фрегат" буде використовуватися ЄКА для доставки обладнання на орбіту.

Заплановано випробування прототипу нового космічного апарату, який виготовлено компанією "Локхід". КК "VenchurStar" буде спроможним стартувати з Землі без додаткових прискорювачів і баків з паливом. Тривалість його виводу на орбіту така ж, як і звичайної РН, але на відміну від останньої "VenchurStar" зможе здійснювати маневри і посадку

як звичайний реактивний літак. Прототип "VenchurStar", X-33, який удвічі менший і у 10 разів легший за майбутній КК, вже провів перші випробування. Планується, що майбутній КК "VenchurStar" буде виконувати до 100 польотів за рік. Розробка даного КК спрямована на досягнення найважливішої мети — зробити дешевшою доставку на орбіту корисного вантажу. Зараз доставка 450 г вантажу на орбіту коштує 10 тис. дол., і НАСА планує знищити ці витрати в десять разів.

Різноманітною буде програма досліджень планет Сонячної системи в першому десятиріччі ХХІ століття.

Незважаючи на невдачу двох марсіанських КА, НАСА планує запуски КА за програмою "Mars Surveyor" у 2001, 2003 і 2005 рр. для отримання зразків марсіанського ґрунту. Перший з них, КА "Одиссей" стартував 7 квітня 2001 р. ЄКА, у свою чергу, не бажає віддавати монополію марсіанських досліджень США і Росії і готове власну марсіанську експедицію на 2003 рік. КА ЄКА "Mars-Express" буде виведено на орбіту російським РН "Союз". Після зустрічі з планетою на її поверхню буде спущено дослідницький модуль "Bigl-2" (названий на честь корабля, на якому плавав Ч. Дарвін). Сам КА протягом двох років буде вести з орбіти зйомку поверхні планети. У 2005 р. за допомогою РН "Ariane-5" планується відправити до Марса черговий апарат. Європейський марсохід повинен не тільки взяти зразки марсіанського ґрунту, але і проаналізувати їх. Після цього стартовий пристрій відстрілить капсулу на орбіту, де її зустріне базовий КА. На Землю буде доставлено близько 30 кг марсіанського ґрунту. Посадка КА "Ariane" на Землю планується у квітні—травні 2008 р.

2002–2005 рр. НАСА здійснить кілька оригінальних місій до Венери (VESPER, 2002 р.), до супутника Юпітера Європи, ("Europa Orbiter", 2003 р.), до Меркурія з метою картографування та досліджень хімічного складу і магнітного поля (MESSENGER, 2004 р.). На 2008 р. відкладено запуск КА "Pluto-Kuiper Express" — на зустріч з планетою Плутон, яка ще ніколи не досліджувалася КА, та з поясом Койпера.

2000–2004 рр. НАСА планує виконати декілька астрономічних проектів за допомогою супутників середнього класу MIDEX. Один з них буде присвячено моніторингу реліктового випромінювання — запуск КА MAP (Microwave Anisotropy Probe). Інший — вивченю природи гамма-спалахів і пошуку чорних дір за допомогою трьох телескопів (гамма-, рентгенівський і УФ-оптичний телескопи), розташованих на борту КА "Swift" (запуск 2003 р.). Протягом місії КА FAME (Full-sky Astrometric Mapping Explorer, запуск 2004 р.) буде встановлено точні

відстані до 40 млн зірок та проводитиметься пошук великих планет і планетних систем навколо зірок, які розташовано на відстані у 1000 св. років від Сонця. На цю місію буде також покладено унікальну задачу — вимірюти кількість темної матерії в Галактиці за її впливом на рухи зірок.

Вже 2001 року ЄКА планує запуск космічної лабораторії "Integral" для спостережень спектрів нейтронних зірок, чорних дір, гамма-спалахів і активних галактичних ядер. Інтенсивними і різноманітними плануються дослідження Сонця в наступній декаді. НАСА планує вивчення сонячних спалахів у рентгенівському і гамма-діапазоні довжин хвиль за допомогою КА HESSI та різних складових сонячної корони "Solar Probe" (запуск 2007 р.). В найближчі роки для збору атомних ядер сонячного вітру і повернення їх на Землю стартує КА "Genesis" та унікальний китайсько-німецький сонячний телескоп SST для вимірювання сонячного магнітного поля. 2004 року Японія виведе на орбіту КА "Solar B" для вивчення явищ, що супроводжуються підвищенням інтенсивності магнітного поля. Унікальними можуть стати місії КА НАСА "Deep Space-3, -4". Перший з них 2002 року розгорне оптичний інтерферометр з трьох апаратів на орбіті для досліджень далеких зірок з недосяжною поки що роздільною здатністю. Другий вилетить на зустріч з кометою Темпел-1 у 2003 р., спустить зонд на кометне ядро (!) і поверне зразки речовини на Землю. Ще декілька великих проектів зі створення космічних обсерваторій для досліджень Всесвіту знаходяться на стадії розробки, а їхній запуск вже анонсовано на період 2005–2010 рр. космічними агентствами США, Європи, Японії і Росії.

Астронавт Дж. Гленн
знову в космосі!



Цей далекий безмежний космос...

*Людство не залишиться вічно на Землі,
але в гонитві за світлом і простором
спочатку боязко проникне
за межі атмосфери,
а потім завоює собі
увесь навколосонячний простір.*

К. Ціолковський

Наукові космічні проекти дали великий поштовх розвитку і вдосконаленню космічних технологій, а їхні результати сформували нове уявлення про нашу планету та навколоїшній космічний простір. З'ясувалося, що наукові знання і відкриття, які отримано за допомогою автоматичних КА, набагато дешевіші і важоміші, ніж дані, отримані під час пілотованих польотів. На порозі нового тисячоліття постає питання, кому віддати перевагу — людині чи роботу у виконанні складних космічних експериментів?

З одного боку, польоти людини у космос, особливо у перші роки космічної ери, мали великий публічний резонанс і втілили заповітні мрії землян “досягнути зорі”. Космонавти і астронавти стали героями своїх націй. Вони вписали свою сторінку у літопис космонавтики, ризикуючи життям, незалежно від того, чи вдалося випробувати нову техніку, чи виконати певні дослідження. Через чотири десятиріччя з часу перших пілотованих польотів важка та ризикова професія космонавта стала до певної міри буденною.

З іншого боку, космічні автомати, розроблені та виведені людьми на навколоземні і міжпланетні орбіти, виконали великий обсяг роботи, дали найважливіші наукові результати і сягнули до далеких світів. Деякі беспілотні космічні апарати спіткала трагічна доля. Але втрата космічного апарату не віддається таким болем у серцях людей, як це буває під час загибелі космонавтів.

Знайти однозначну відповідь на поставлене питання важко. Як приклад, — безпрецедентний подвиг американського астронавта Джона Гленна, який у 1998 р. у віці 77 років (!) знову побував у космосі. Давши згоду стати “тестовою медичною лабораторією” у космосі, Дж. Гленн (і фактично НАСА) знов привернув увагу громадськості до ролі і можливостей людини у космосі. Згадаймо фантастичне досягнення російського космонавта В. Полякова, який працював у космосі більше року!

Пілотовані і непілотовані місії останніх років показали, що людина потрібна у космосі для монтажу і запуску складних наукових пристрій та їхнього поточного ремонту, для робіт, які потребують людського досвіду і аналізу непередбаченої ситуації, — тобто там, де робототехніка ще не може замінити людину. Протягом довготривалих польотів космонавти проводять ве-

лику кількість експериментів з біології та матеріалознавства, які не можуть бути поки що автоматизовані, при цьому самі стають об'єктами медичних і геронтологічних досліджень. Важливим є цілеспрямовані спостереження космонавтів за рухом льодовиків та айсбергів, океанських течій, оскільки такі візуальні спостереження дозволяють охопити природні явища в цілому і відслідкувати динаміку їхнього розвитку, чого не завжди можуть зробити КА через обмеженість поля зору. Переїздання астронавтів на Місяці показало, що людина може зібрати більш цікавий “геологічний” матеріал, орієнтуючись навіть на незнайомій місцевості (як це зробив астронавт Дж. Шмітт, геолог за професією, під час місії “Apollo-17”), ніж місячні роботи, які збирають матеріал за принципом “все, що лежить на шляху”, незалежно від його походження.

Опонуючи цим твердженням, можна зауважити, що вартість “непілотованої” доставки місячного ґрунту була набагато дешевшою, ніж зразків, відібраних астронавтами. Навіщо посылати астронавтів на іншу планету, якщо зараз люди спроможні забезпечити свою “телеприсутність” на ній і керувати планетоходами, залишаючись на Землі? Але і тут є свої “але”. Наприклад, відеоекрані планетоходів мають роздільну здатність у 20 разів гіршу, ніж людське око, а поле зору часто буває обмеженим. До того ж сигнал з Марса, наприклад, дійде до земного телекомунікаційного центру за 40 хв, тим самим роблячи миттєву віртуальну присутність людини неможливою.

Очевидно, що коли розглядаються програми освоювання далекого космосу, тут перевагу матимуть автомати. Яскравим прикладом може бути супер-

Астронавти О. ван Гофтен і Б. Фішер “повертують до життя” супутник “Syncor”, невдало виведений на орбіту 1985 р.



подія лютого 2001 р. — незапланована посадка КА “NEAR-Shoemaker” на поверхню малого тіла Сонячної системи, астероїда Ерос, який знаходиться на відстані 316 млн км від Землі. Коли запаси палива на КА після успішної п’ятирічної місії навколо астероїда було майже вичерпано, НАСА спочатку прийняло рішення розбити його об поверхню Ероса. Але потім, незважаючи на те, що ймовірність посадки і зберігання КА у робочому стані оцінювалася як 1 %, спеціалісти НАСА здійснили таку операцію. КА вартістю \$225 млн зі швидкістю 6–8 км/год (швидкість парашутиста чи пішохода) вперше “приземлився” на поверхню астероїда, при цьому продовжуючи передачу фотографій високої роздільної здатності на Землю, останній з яких виконано з висоти 130 м. Більше того, КА відправив сигнал на Землю, що він залишився працездатним, тобто очікує на подальшу програму досліджень. Безумовно, успіху операції певною мірою сприяла слабка сила тяжіння на Еросі, у тисячу разів слабкіша, ніж на Землі. Ale здійснення цієї посадки має непересічне значення для вирішення проблеми астероїдної загрози Землі. Тепер виглядає переконливою навіть ідея закладки ядерного заряду на поверхні астероїда або вибух над його поверхнею, що приведе до руйнування або гальмування руху астероїда, який наближається до Землі.

Виходячи із співвідношення вартості космічних експериментів та їхньої наукової значущості, міжнародні наукові групи віддають перевагу розробкам технологій та експериментів для безпілотних КА спеціального призначення (астрономічні, біологічні, супутники дистанційного зондування Землі тощо). Цей факт породжує у цієї частини науковців скеп-

тичні думки щодо значущості експериментів на МКС. Наприклад, пілотований політ на КК серії “Shuttle” коштує \$420 млн, має корисне навантаження до 23 тис. кг і може повернути на Землю до 14.5 тис. кг вантажу. Навіть без огляду на цінність цього навантаження, на Землю “не повертається” близько \$150 млн. Вартість МКС за час 15-річної експлуатації, як зараз передбачається, буде складати близько \$100 млрд, тобто ціна кожного експерименту на МКС досить висока. Це реалії сьогодення, які потребують як ретельної експертизи наукових проектів на МКС і мінімального задучення космонавтів до їхнього виконання, так і уникнення помилки від “людського фактора” при побудові і польотах КА та КК.

В той же час, коли йдеться про монтаж великоважних конструкцій у космосі, без участі астронавтів і космонавтів не обійтися. Найбільш яскравим та найсучаснішим прикладом є стикування четвертого модуля МКС, блока “Destiny”, яке міжнародний екіпаж виконав 10 лютого 2001 р. Астронавт Марш Айвін, космічна “кранівниця”, за допомогою руки 15-метрового підйомного крана керувала транспортуванням блоку “Destiny” з вантажного відсіку КК “Space Shuttle Atlantis” до МКС. При цьому з’ясувалося, що системи спостереження і відеокамери не забезпечують належної повноти огляду, тому астронавти Т. Джонс і Р. Кербім, знаходячись під час цієї унікальної операції у відкритому космосі, допомагали їй “очима”. Завдяки майстерності астронавтки і злагодженій взаємодії екіпажу циліндричний модуль діаметром більше чотирьох метрів був визволений з вантажного відсіку, хоча зазор між стінками становив менше 5 см. Очевидно, що помилка у виконанні цієї операції була б дуже дорогою і суттєво змінила б графік побудови МКС.

Такими є сьогодні головні аргументи “за” і “проти” пілотованих місій. Очевидно, розумна відповідь полягає в оптимальному поєднанні можливостей людини і робота у дослідженнях космосу. А фантастика космічних по-дорожей та невичерпне прагнення до нових знань завжди буде кликати людей до вдосконалення технологій космічних кораблів і здійснення мандрів до “далеких зір”. Тому вже в недалекому майбутньому політ людини до Марса, безумовно, відбудеться. Завдяки досягненням фізики та астрономії, матеріалознавства, генетики та біотехнологій, інших відомих і ще невідомих напрямків науки, колективна могутність людського розуму дозволить людині освоїти інші планети Сонячної системи, і найголовніше, використати космонавтику на благо унікальної земної цивілізації.

Україна – космічна держава

Нові реалії 90-х років

Розпад СРСР не тільки суттєво змінив геополітичну систему у світі, але й значною мірою вплинув на розвиток світової космонавтики – розпалася велика космічна держава. Військове протистояння у космосі вже перестало бути мотивом планування та проведення космічних експериментів. Економічні негаразди в Росії та інших країнах СНД не дали їм змоги вчасно реалізувати заплановані широкомасштабні космічні проекти (наприклад, проекти серії "Спектр", "Мир-2"). Проте Росія у співпраці з Україною та іншими державами світу продовжувала космічні дослідження Марса (невдала місія "Марс-96") та Сонця (програма КОРОНАС-І). Росія активно використовувала ОКС "Мир", у першу чергу для медико-біологічних та технологічних досліджень, на якій побувало багато російських та міжнародних екіпажів, у тому числі громадян США.

1990 р. Україна стала членом Комітету ООН з мирного використання космосу.

29 лютого 1992 року після створення Національного космічного агентства України (НКАУ) розпочалася розробка першої Державної космічної програми.



Будь-якій країні, щоб бути космічною державою, необхідно мати ракети-носії, власні космічні апарати і наземну інфраструктуру, котра включає космодром, центр керування польотами, центр далекого космічного зв'язку тощо.

У свій час Україна брала участь практично в усіх космічних проектах колишнього СРСР і має кваліфікованих фахівців та розвинену промислову і науково-технічну базу в галузі космічних досліджень. З Україною пов'язані імена творців вітчизняної космонавтики: О. Засядька, К. Константинова, М. Кибальчича, Ю. Кондратюка (О. Шаргей), К. Ціолковського, С. Корольова, М. Янгеля, В. Глушка, В. Ковтуненка, В. Челомея, А. Люльки, В. Уткіна, О. Макарова.

В Україні історично склалося п'ять великих космічних центрів. У Дніпропетровську на базі ракетобудівного комплексу ВО "Південмаш" та КБ "Південне" створено потужні ракети-носії різного класу, у тому числі визнані у світі "Циклон" і "Зеніт", та біля 400 супутників серії "Космос" та "Інтеркосмос". У Харкові НВО "Хартрон" та ВАТ НДІРВ розробляють та випускають майже всі системи управління КА. Установи Національної академії наук України, міністерств та відомств, які знаходяться у Києві, спеціалізуються в галузі матеріалознавства, приладобудування, досліджень близького космосу тощо. На заході країни, у Львові та Ужгороді, знаходиться різноманітна інфраструктура, котра забезпечує проведення космічних досліджень. На півдні, в Євпаторії, розташовано Національний центр керування і випробування космічних засобів (НЦКВКЗ), а в Одесі — інфраструктуру науково-прикладного космічного приладобудування.

Визнанням міжнародним спітвовариством ваги України у світовій космічній діяльності стало її прийняття у 1990 році постійним членом Комітету ООН з використання космічного простору в мирних цілях.

За чотири десятиліття космічної ери ракетно-космічною галуззю України розроблено чотири покоління ракет стратегічного призначення, що мало виключну роль для встановлення ракетно-ядерного паритету між колишнім СРСР і США. Ставши на шлях незалежності, Україна прийняла національну доктрину дотримання трьох неядерних принципів: "не приймати, не виробляти і не набувати ядерної зброї", а також відмовилася від ракетно-ядерної зброї, розташованої на її території. Ці рішення, як і поступове припинення фінансування програми створення міжконтинентальних балістичних ракет, гостро поставили перед країною питання підтримки і реформування науково-промислової бази космічної галузі, оскільки за радянських часів вона була єдиною для військової і цивільної ракетно-космічної техніки.

Перша національна космічна програма

Виходячи з необхідності збереження і подальшого розвитку в інтересах незалежної України науково-технічного й виробничого потенціалу космічної галузі, у 1992 році відповідно до Указу Президента України було створено Національне космічне агентство (НКАУ).

В 1994 році Кабінет Міністрів України затвердив Державну космічну програму на 1994 – 1997 роки, виконання якої забезпечило вирішення цілого комплексу організаційних, науково-технічних і правових питань становлення вітчизняної космічної галузі. Найголовнішими серед них були: реорганізація вітчизняної кооперації підприємств і організацій галузі, що максимально забезпечило замкнений цикл виготовлення ракетно-космічних виробів в Україні; структуризація та концентрація ресурсів, замовлень і засобів на обмеженій чисельності підприємств і організацій галузі; формування національного інституту головних підприємств-робників ракетно-космічної техніки; створення основи національного космічного законодавства.

В ці роки прийнято Закон України "Про космічну діяльність" (15.11.1996 р.), а також пакет нормативно-правових актів державного регулювання космічної діяльності в Україні. Це укази Президента України "Про заходи щодо вдосконалення державного регулювання космічної діяльності в Україні" (07.10.1995 р.), "Про

Національний центр управління і випробування космічних засобів" (12.08.1996 р.), "Про заходи щодо дальнього розвитку космічних технологій" (04.03.1997 р.), "Про Положення про Національне космічне агентство України" (22.07.1997 р.). Прийнято цілу низку постанов Кабінету Міністрів України: "Про додаткові заходи щодо державного регулювання космічної діяльності" (01.04.1996 р.), "Про створення Єдиної супутникової системи передачі даних" (02.12.1996 р.), "Про заходи щодо підвищення ефективності космічної діяльності" (23.12.1996 р.) тощо.

Перша Державна космічна програма України визначила національні пріоритети, врахувавши налагоджену кооперацію з ракетно-космічними центрами Росії і Казахстану та розгорнувши міждержавне співробітництво з іншими країнами світу. Вона дала поштовх урегулюванню різноманітних питань з міжнародного космічного права, зокрема експлуатації за кордонних космодромів та створення власного центру керування польотами. Програма дозволила зберегти Україні її місце в реалізації науково-технічних проектів радянської космічної галузі, правонаступницею яких стала Росія.

Слід виділити три пріоритетні проекти першої Державної космічної програми України, над якими наполегливо працювали вчені та фахівці космічної галузі.

У березні 1994 р. в Росії проведено міжнародний космічний експеримент з дослідження навколоземної плазми і випромінювання Сонця КОРОНАС-І ("Комплексные орбитальные околоземные наблюдения активности Солнца"). На однайменному супутнику серед інших приладів знаходився телескоп ДИФОС-1, виготовлений в Головній астрономічній обсерваторії та СКТБ Фізико-механічного інституту НАН України. Головною метою цього експерименту було дослідження природи 160-хвилинних коливань яскравості Сонця. Цей ефект відкрито астрономами Кримської астрофізичної обсерваторії під керівництвом А. Северного наприкінці 1970-х років.

Наявність таких коливань знаходиться у протиріччі із загальноприйнятою теорією ядерних реакцій як джерела енергії зірок, оскільки для того, щоб тіло з об'ємом та масою Сонця могло коливатись з періодом біля 160 хв, воно повинно бути однорідним. Близькість зареєстрованого періоду до періоду однієї дев'ятої частки земної доби ставить під сумнів тверд-

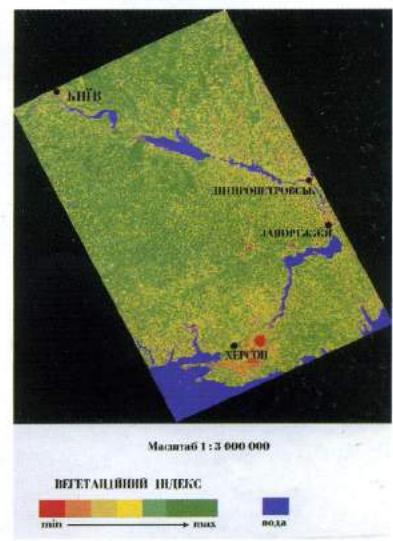


КА КОРОНАС (1994 р.) – один із перших спільних російсько-українських проектів за час незалежності Росії та України



КА "Січ-1",
перший КА України
(1995 р.)

Оцінка стану
рослинного покриву території
України
за знімками КА "Січ-1"





Перший космонавт України
Л. Каденюк
(крайній справа)
у складі екіпажу КК "Space Shuttle Columbia"

Л. Каденюк
запилює квіти рапсу
в космосі

Монтаж телескопа
для майбутнього
російсько-українського
КА "Спектр-УФ"



ження, що ці коливання виникають на Сонці. Отже, важливо було незалежними методами встановити, де виникають ці коливання — в земній атмосфері чи поза її межами.

На жаль, через вихід з ладу системи орієнтації супутника експеримент завершився передчасно. Одержаного матеріалу виявилося недостатньо для підтвердження чи спростування висновку про існування таких коливань. Але конструкція телескопа ДИФОС-1 була досить вдалою, що дозволило детально вивчити відомі 5-хвилинні коливання яскравості Сонця, що були відкриті у 1980 р. і широко використовуються для діагностики сонячних надр.

Відмітимо, що для проекту КОРОНАС було реалізовано нові технічні принципи автоматичної універсальної орбітальної станції (АУОС) з точною системою орієнтації на Сонце, розробленої КБ "Південне" спільно з НВО "Хартрон". А запланований на 2001 рік запуск російсько-українського КА КОРОНАС-Ф має передавати ці дослідження та виконати вимірювання сонячного спектру в період максимуму сонячної активності.



31 серпня 1995 р. Україна запустила перший власний космічний апарат "Січ-1", котрий призначався для дистанційного зондування Землі: спостережень динаміки процесів в атмосфері, на океанічній поверхні, на суші і під кригою. Робота проводилася в інтересах сільського господарства та охорони навколишнього середовища.

На КА "Січ" було встановлено унікальний радіолокатор бокового огляду з шириною смуги огляду 450 км розробки Центру дистанційного зондування Землі ім. А. Калмикова НАН України. У створенні першого українського супутника взяли участь КБ "Південне" та ВО "Південмаш", інститути та установи НАН України та інших відомств.

Головною метою запуску супутника була також необхідність налаштувати власну інфраструктуру, отримати наочні керування польотом та обробки космічних даних.

Саме запуск КА "Січ-1" за допомогою вітчизняної ракети-носія "Циклон" та створення національної інфраструктури знаменували повернення України до плеяди космічних держав світу.

19 листопада 1997 р. відбулася визначна подія в українсько-американському співробітництві. У складі екіпажу космічного коробля "Space Shuttle Columbia" разом з американськими і японським астронавтами у космосі побував перший український космонавт Леонід Каденюк. У ході польоту, протягом 16 днів, ним було проведено експерименти у галузі космічної біології, а саме вивчення процесів розвитку рослин як одного з елементів систем життезабезпечення майбутніх довготривалих пілотованих місій. Комплекс біологічних досліджень за участю українського космонавта розроблено в Інституті ботаніки НАН України.

В цих експериментах також брали участь інші інститути НАН України, університети США та космічний центр імені Дж. Кеннеді. За спільною американсько-українською освітнянською програмою проведено цікавий експеримент зі штучним запиленням та фіксацією на орбіті запиленіх квіток швидкоростучих рослин. Коли Леонід Каденюк проводив ці дослідження у космосі, учні в Україні та США виконували їх на Землі. Можливо, серед них були й ті, хто у ХХІ сторіччі примножить космічну славу України.

Не дивлячись на значні успіхи, здобуті у багатьох напрямках, перша космічна програма, на великий жаль, не була виконана в повному обсязі. В основному через економічні проблеми і відсутність необхідних коштів. Не здійсненими залишилися запуски КА "Попередження", наукових КА для реалізації низки проектів наукового призначення та телекомунікаційного супутника. Проте багато нереалізованих напрямків залишаються актуальними і сьогодні. І робота над ними не припиняється.

Окремо треба сказати про унікальний міжнародний космічний проект "Спектр", який складається з трьох проектів "Спектр-УФ", "Спектр-РГ", "Спектр-РА". Перший з них передбачає дослідження УФ-випромінювання космічних об'єктів за допомогою 1.7-м телескопа. "Спектр-РГ" – рентгенівського та гамма-випромінювання космічних досліджень. "Спектр-РА" – відповідно радіовипромінювання космічних об'єктів за допомогою 10-м радіотелескопа, який разом з наземними радіотелескопами забезпечує найвищу роздільність спостережень. Серед космічних місій для досліджень в УФ-діапазоні спектру, які розробляє світова космічна спільнота на найближчі п'ять років, "Спектр-УФ" знаходиться поза конкуренцією як за розмірами телескопа, так і за обсягом поставлених задач.

Унікальний міжнародний проект "Попередження" призначався для моніторингу юносфери та дослідження зв'язку "Юносфера – тверда оболонка Землі". Ще у процесі радянсько-французького експерименту "Аркад" (1981 – 1986 рр.), а потім КА серії

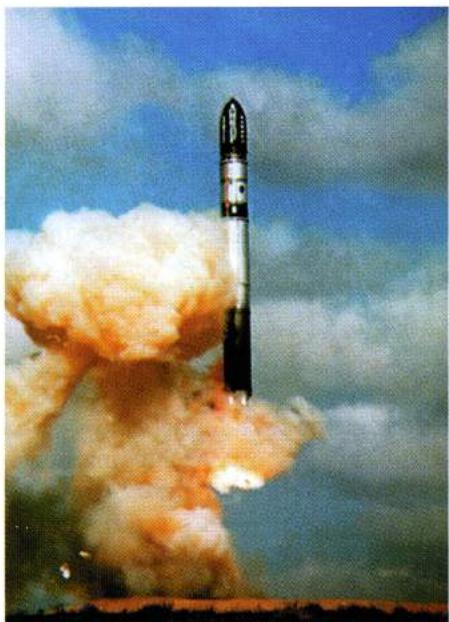
"Інтеркосмос" і GEOS, було виявлено такі процеси в юносфері Землі, що передують землетрусам, а по дальший аналіз дозволив виділити основні типи юносферних збурень. Космічний комплекс "Попередження", який складатиметься з головного КА і серії субсупутників для збільшення роздільної здатності системи, має стати першою програмою, спрямованою безпосередньо на перевірку можливих провісників землетрусів на Землі.

Друга національна космічна програма

Кінець 90-х років минулого століття був ознаменований значними змінами в підходах провідних держав світу до принципів формування своїх космічних програм, які ґрунтувалися на першочергових потребах сталого економічного і соціального розвитку, необхідності вирішення глобальних проблем людства. Практично усі провідні країни світу, що здійснюють космічну діяльність, за останні десять років зберегли досягнутий рівень своїх видатків на космічні програми. Разом з тим істотно зросла кількість країн з пе-реходною економікою, які розпочали космічну діяльність, вбачаючи саме тут стимул прискорення загального розвитку індустрії країни та її економіки. При цьому йдеться про чотири головні напрямки, за якими космічна діяльність має зробити суттєвий внесок: економічне зростання та безпека; збереження та захист довкілля; підвищення якості освіти; пошуки та дослідження в мирних цілях.

На основі сформульованих головних напрямків відбувся перегляд космічних програм провідних країн світу, котрий зачіпає їхню структуру, засади відбору проектів, пріоритети фінансування, принципи міжнародної співпраці. Ревізії було піддано як діючі космічні програми, так і програмами, розраховані на тривалий період. Однак це не означало їхнього згортання, а скоріше перегляд загального підходу до проведення космічної діяльності.

Загальнодержавна (Національна) космічна програма України на 1998 – 2002 рр., котра була ухвалена 23 грудня 1997 р. Верховною Радою України, за конодавчо встановила основні цілі, завдання, пріоритети та шляхи реалізації національної космічної діяльності на період, який відповідає пе-реходному стану економіки і передбачає формування внутрішнього ринку космічних послуг, вихід на міжнародний космічний ринок із власною продукцією та послугами (у тому числі космічними ракетними комплексами та апаратами, інформацією з орбіти, елементами космічних систем тощо), інтеграцію України у міжнародне космічне співтовариство, створення наземної космічної інфраструктури,



РН "Дніпро"



РН "Циклон"

розгортання багатофункціонального національного орбітального узгруповання космічних засобів.

Основною метою другої космічної програми була розробка та реалізація єдиного державного підходу до здійснення космічної діяльності як до однієї з найважливіших сфер державної політики. Необхідно було підпорядкувати цілі і завдання космічної діяльності довгостроковим інтересам держави в економічній, соціальній та політичній сферах. Програма спрямована на виконання наукових та прикладних космічних досліджень, підтримку і вдосконалення існуючої та створення нової космічної техніки. Вона повинна була запровадити програмно-цільовий підхід до управління космічною галуззю, провести реструктуризацію космічної галузі і практично перейти до комерціалізації основних напрямків космічної діяльності.

Разом з тим цією космічною програмою передбачалося здійснити такі цільові програми, як розвиток космічних технологій та наукових космічних досліджень, технічних комплексів забезпечення космічної діяльності та космічної діяльності в інтересах оборони і безпеки.

Наприклад, за програмою "Космічні технології" передбачалося створити єдину супутниковоу систему передачі інформації. Зокрема йдеться про космічні телекомунікаційні системи зв'язку і мовлення, супутникові радіонавігаційні системи, дистанційне зондування Землі, наземні інформаційні та комунікаційні центри.

Робота над космічними телекомунікаційними системами зв'язку і мовлення була спрямована на створення супутникової розподільчої мережі інформаційного забезпечення телерадіомовлення на всій території України. І в цьому напрямку отримано вагомі результати. Завершено будівництво і монтаж обладнання центральної передавальної станції у Києві та 36 супутникових приймальних станцій в регіональних телевізійних центрах України, змонтовано і передано в експлуатацію 6 супутниковых приймальних станцій в посольствах та установах України за кордоном, розпочато мовлення через супутник програм першого національного телевізійного каналу. В дослідному режимі проведено іномовлення на деякі регіони Європи та СНД.

Створення розподільчої мережі дозволяє здійснювати гарантовану трансляцію до п'яти національних телевізійних каналів високої якості по всій території України, незалежно від стану та умов експлуатації існуючої наземної ретрансляційної мережі. А перспективним напрямком розвитку розподільчої супутникової мережі є організація прямого високошвидкісного каналу доступу до інформаційних ресурсів Internet для користувачів в Україні.

Щодо супутникової радіонавігаційної системи, або системи космічного навігаційно-часового забезпечення України, то вона розробляється в рамках дослідно-конструкторських робіт "Навігація". Її головною метою є організація на території України навігаційно-часового забезпечення, яке відповідало б вимогам споживачів інформації щодо точності місцезнаходження об'єктів на території України, в акваторіях морів та повітряному просторі. Вона являє собою завершенну замкнену розподільчу інформаційну систему, здатну функціонувати самостійно, і відповідає діючим і перспективним світовим стандартам з безпеки повітряних, морських і наземних перевезень.

В цьому напрямку вже розроблено ескізний проект, придбані технічні та програмні засоби для створення макету наземного сегменту системи, проведена рекогносцировка та геодезична прив'язка об'єктів наземного сегменту, а також розроблено проектно-конструкторську документацію на розміщення технічних засобів наземного сегменту системи та засобів зв'язку. Вже проведено і вибір радіочастотного забезпечення для передачі диференційної коригуючої інформації між регіональними пунктами контролю навігаційного поля та апаратурою споживача, розгорнуто та випробувано макет наземного сегменту.

У системі моніторингу території України космічні системи виступають у ролі постачальника інформації дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), за допомогою якої на різних рівнях вирішуються завдання виявлення, оцінки й прогнозу екологічних та природно-ресурсних характеристик навколошнього середовища.

Створено основи національної системи дистанційного спостереження Землі "Січ". Тут успішно функціонують національні служби і технічні комплекси з експлуатації КА "Січ-1" та "Океан-О", запуск якого здійснено у 1999 р. вітчизняною ракетоносієм "Зеніт".

Реалізація концепції ДЗЗ здійснюється шляхом створення багатоцільової космічної системи спостереження Землі "Січ". Ця робота прямо пов'язана з відпрацюванням перспективних технологій спостереження Землі та технічних засобів, зокрема створення космічного апарату "Січ-1М" для отримання інформації в оптичному, ІЧ- та СВЧ-діапазонах, а також апарату подвійного використання "Січ-2" для отримання інформації високої якості в оптичному діапазоні.

Розроблено проектну, конструкторську та програмно-методичну документацію для експериментального відпрацювання вузлів, систем і бортової апаратури КА "Січ-1М", виготовлено КА та оснастку для

Київська область

Супутникова карта



Карта складена в ЦАКДЗ ІГН НАНУ

динамічних і статичних випробувань. Завершується автономне експериментальне відпрацювання та виготовлення сканера високого розрізnenня та апаратури супутникової навігації, виготовлення апаратури для проведення наукових досліджень за міжнародним експериментом "Варіант". Фахівці розпочали розробку програмно-математичного забезпечення для бортової та контрольно-перевірочної апаратури, відпрацювали технічні і програмні рішення щодо модернізації Національного центру управління та випробувань космічних засобів у місті Євпаторія.

За проектом "Січ-2" виконується аванпроект космічної системи оптико-електронного спостереження високої розрізнювальної здатності. Одночасно йде розробка наземного спеціального комплексу для отримання космічної інформації на станції прийому. Відпрацюється також програмне забезпечення для автоматизованого дешифрування космічної інформації.

У процесі подальшого розвитку системи ДЗЗ України буде забезпеченено отримання даних з іноземних космічних апаратів, інтеграцію в міжнародні системи спостереження Землі.

Наведемо приклади виконання наукових космічних досліджень в рамках другої космічної програми.

У експерименті "Спектр-УФ" бере участь Росія, Україна, Італія та Німеччина. З українського боку у створенні станції беруть участь: Кримська астрономічна обсерваторія (створення великоважності оптики для телескопу Т-170) та ВАТ "Хартрон", котрий спеціалізується на створенні системи управління КА.

В рамках міжнародного проекту з вивчення Сонця "Коронас-Ф" розроблено наукову програму участі українських вчених в обробці та інтерпретації даних, одержаних КА "Коронас-Ф" і наземною мережею спостережень, у співпраці з російськими колегами створено спеціалізований фотометр "Дифос". Виконання цього міжнародного проекту забезпечується використанням українських космічної платформи та ракети-носія "Циклон", запуск останньої заплановано здійснити у 2001 р.

Проект "Інтерферометр", робота над яким розпочата у 1998 р., пов'язаний з оснащенням антени РТ-70 та її використанням у наукових радіоастрономічних проектах та програмах, включаючи роботи у міжнародних мережах наземно-космічних інтерферометрів.

Введено в експлуатацію нові високочутливі приймальні комплекси діапазонів 325 МГц і 4,8 ГГц, які не поступаються світовому рівню. Для розробленого та впровадженого на РТ-70 обладнання проведено повний цикл вимірювань характеристик антени та

спеціалізованої апаратури радіоастрономічними методами.

За допомогою цієї апаратури проведено широкий спектр досліджень галактичних та позагалактичних джерел у неперервному спектрі, у спектральних лініях та у РНДБ-режимі, включаючи наземно-космічний за міжнародним проектом VSOP.

Протягом 2000 р. за допомогою РТ-70 проведено РНДБ-локацію об'єктів Сонячної системи. Отримано позитивні результати з РНДБ-локації планет Венера та Меркурій. У серпні 2000 р. проводились також РНДБ-дослідження астероїдів Мітра і 2000CE59 за участь мережі радіотелескопів РТ-70 (Україна), РТ-32 (Росія), РТ-64 (Росія), РТ-32 (Польща), РТ-25 (Китай).

Цільова програма "Технічні комплекси забезпечення космічної діяльності" включає в себе декілька науково-технічних напрямків. Один з них стосується транспортних космічних систем і розвиватиметься двома шляхами. Йдеться про модернізацію існуючих РН "Зеніт" і "Циклон" та створення нових РН на базі міжkontинентальних балістичних ракет, які могли б стати конкурентноспроможними на світовому космічному ринку (проект "Дніпро"). Пріоритетність робіт тут визначається збільшенням терміну експлуатації існуючих та виготовлення нових ракет-носіїв 11К68 для запусків національних космічних апаратів "Січ-1М", "Попередження", "Мікросупутник", "Січ-2" та створення системи управління нового покоління для РН 11К68 на новій елементній базі вітчизняного виробництва.



Проект "Морський старт" (1999 р.) – запуск КА з платформи океанічного базування.

РН "Зеніт" на старті та перший запуск



Крім того, збільшено термін експлуатації ракети-носія для запуску у 2002 р. космічного апарату "Січ-1М". На основі інерціального ядра нового покоління фахівцями розроблено ескізний проект модернізованої системи управління РН 11К68. Уже впроваджені у виробництво автоматизовані технологічні процеси зварювання, що забезпечить підвищення надійності РН "Зеніт" і "Циклон" та зниження їхньої вартості.

Створення базової космічної платформи нового покоління, зокрема для мікросупутників — один із пріоритетних напрямків у розробці та відпрацюванні новітніх технологій.

Значну увагу приділено також наземній інфраструктурі космічних ракетних комплексів. Проведено комплексні випробування апаратури збору, обробки та документування телеметричної інформації у складі комплексного стенду. Завершено першу чергу випробувань апаратури тракту обробки та документування результатів електровипробувань СУ ступеня 11С683 у складі комплексного стенду.

У рамках другої космічної програми створено функціональні центри наземної космічної інфраструктури на базі існуючих, але розрізнених елементів та систем. Виконані значні роботи з модернізації Центру контролю космічного простору.

За роки виконання другої космічної програми було продовжено курс на інтеграцію національної космічної галузі до світового космічного ринку. Набула подальшого визнання міжнародним співтовариством вага України в світовому розподілі праці в сфері космічної діяльності. Зокрема, у 1998 році Україна стала членом Режimu контролю за ракетними технологіями (РКРТ). До цього неформального міжурядового об'єднання держав входять 32 країни світу, переважна більшість яких високорозвинена. Робота РКРТ спрямована проти збільшення можливостей "неблагонадійних" країн у створенні власних РН та зменшення ризику виготовлення ними засобів доставки зброї масового знищення. Членство у цій організації, безперечно, розширило правові можливості космічної галузі України щодо участі у міжнародних проектах.

США, Норвегія, Росія та Україна є учасниками грандіозного проекту спільних запусків комерційних супутників за допомогою РН з платформи морського базування — проект "Морський старт". Сама ідея і перші розробки такого старту належать українському конструктору М. Янгелю. Привабливість проекту полягає у можливості вибору оптимальної точки поверхні Землі для запуску та спроможності РН "Зеніт" виводити на геостаціонарну орбіту супутники вагою до 2.9 т, а на еліптичну — до 6 т. До того ж, "Зеніт" працює на екологічно чистому паливі. Порт базування

"Морського старту" ("Sea Launch") знаходиться у Лонг-Біч (США). Океанічна платформа сконструйована на базі нафтобурової установки вагою 31000 т і довжиною 130 м, а 200-метровий адміністративно-збиральний корабель водотоннажністю 34000 т використовується для монтажу ракет та керування запусками.

Запуск РН "Зеніт" повністю автоматизований. Це успішне технологічне рішення, безумовно, стало певним проривом у реалізації космічного потенціалу України. У жовтні 1999 р. було здійснено перший запуск на переходну до геостаціонарної орбіти комерційного супутника за програмою "Морський старт". А на цей час вже здійснено 5 успішних запусків.

Не менш успішно реалізується і українсько-російська програма "Дніпро", за якою передбачено виведення супутників на орбіту за допомогою міжконтинентальних балістичних ракет СС-18, перетворених на комерційний РН "Дніпро". У 2000 р. здійснено декілька стартів ракети-носія, який тільки виходить на космічний ринок. Собівартість послуг потужного РН "Дніпро" незначна, оскільки витрати обумовлені лише перетворенням балістичної ракети в космічну. Наявних СС-18 вистачить ще на багато років. Щодо перспектив, то можливості цього РН зростуть за рахунок дооснастки розгінним блоком.

У 2000 році успішно завершено російський проект "Інтербол", метою якого було дослідити механізми передачі енергії від Сонця до магнітосфери Землі та вивчити сонячно-земні зв'язки. Запуск першого з двох КА "Інтербол" було здійснено у серпні 1995 р. Українські науковці брали активну участь у цьому проекті, керування польотом здійснювалося з НЦКВКЗ, розташованого в Євпаторії.

17 липня 1999 року РН "Зеніт-2" з космодрому Байконур вивів на орбіту українсько-російський КА "Океан-О". Його завданням було вивчати та контролювати геофізичні і гідробіологічні параметри світового океану, біопродуктивність, континентальний шельф, взаємодію океану і атмосфери. Задуманий ще наприкінці 1970-х років "Океан-О", подібний до французьких супутників серії SPOT, являє собою універсальний КА важкого класу масою 6,3 т. Він оснащений різноманітною бортовою апаратурою і здатний виконувати зйомку у всьому спектрі електромагнітних хвиль. Робота бортового комплексу спостереження Землі планувалася Центром супроводу супутника (НВП "Орбіта", Дніпропетровськ).

Зазначимо, що дослідження світового океану разом з сферою діяльності багатьох установ у світі з точки зору загального балансу води, зокрема через переміщення тектонічних плит на декілька сантиметрів за рік: під земну кору просочується близько



КА "Океан-О"

1.1 млрд тонн води, а на поверхню повертається у п'ять разів менше. Це означає, що через мільярд років океани можуть зникнути з поверхні Землі, а Землю може очікувати доля Марса (вважається, що вода зникла з марсіанської поверхні 3.8 мільярдів років тому).

КБ "Південне" продовжує працювати над розробкою нових транспортних космічних систем (ТКС). Проект "Оріль" — варіант ТКС легкого класу повітряного базування. ТКС "Оріль" створюється на основі технологічної бази ракети СС-24. Дооснащений транспортний літак АН-124 може бути літаком-носієм для виведення на низькі навколоzemні орбіти космічних апаратів вагою до 1 т. Проект ТКС "Світязь" передбачає виведення на низькі навколоzemні орбіти корисного вантажу масою до 8 т, а літак АН-225 "Мрія" може бути літаком-носієм.

Національною космічною програмою була передбачена участь України у створенні Міжнародної космічної станції (МКС), а саме створення і функціонування Українського дослідницького модуля (УДМ) в рамках Російського сегмента МКС. Це обумовило розробку української науково-технічної програми експериментів на борту МКС. З цією метою НАНУ і НКАУ створили Координаційний комітет з наукових досліджень та технологічних експериментів на борту орбітальних космічних станцій (ККОКС). ККОКС сформував пропозиції українських вчених щодо проведення

наукових досліджень та технологічних експериментів на борту УДМ МКС (блізько 110 експериментів різноманітної тривалості і складності) за такими напрямками:

- Дослідження з впливу мікрогравітації на кипіння рідкого гелю та космічних факторів на процеси втомлюваності та зношування матеріалів;
- Виробництво нових унікальних матеріалів в космосі та створення спеціального електрозварювального обладнання;
- Дослідження процесів кристалізації матеріалів і композитів в умовах мікрогравітації;
- Дослідження деградації матеріалів і сплавів під дією космічних факторів;
- Розробка методів і створення обладнання для контролю дефектності і напруженого стану зварних елементів космічних конструкцій;
- Дослідження верхньої атмосфери Землі в оптичному і міліметровому діапазонах довжин хвиль;
- Дослідження плазмового і газового оточення великовагітних космічних конструкцій;
- Дослідження іоносфери Землі;
- Дистанційне зондування поверхні і океанів Землі;
- Дослідження в галузі фізики Сонця;
- Створення орбітальної оранжерей та дослідження розвитку рослин в умовах невагомості;
- Біологічні та біотехнологічні експерименти;
- Дослідження впливу космічних факторів на функціонування і старіння живих організмів;
- Медичний моніторинг астронавтів і біологічний контроль *in situ*;
- Створення системи планування і керування експериментами на борту МКС.

Оскільки зараз очевидно, що через економічні причини окремого Українського дослідницького модуля у складі МКС не буде, програма експериментів за участю українських вчених може бути реалізованою в рамках міжнародної співпраці. Певну частину українських проектів з числа запропонованих для УДМ було рекомендовано ККОКС до фінансування з боку США в рамках українського-американського меморандуму про співпрацю в аерокосмічній галузі. Пропозиції щодо виконання спільніх українсько-російських проектів на Російському сегменті МКС зараз узгоджуються між співвиконавцями — установами України і Росії — з точки зору їхньої технічної сумісності та виключення дублювання. Незалежно від долі цієї наукової програми, Україна братиме участь у створенні МКС та постачатиме значну частину обладнання для Російського сегмента МКС.

Третя національна космічна програма

Завершується робота над проектами другої космічної програми України. Досягнення космічної галузі в 1991 – 2001 роках, структурні зміни, що відбулися в системі державного управління та інші причини не могли не відбитися на державній доктрині космічної діяльності. Більш того, аналіз світових тенденцій космічної діяльності та формування ринку космічних послуг, що динамічно розвивається, наглядно продемонстрував необхідність впровадження нових підходів до формування загальнодержавної космічної програми України. Зокрема це стосується координації діяльності органів державної влади та заstrupення організацій усіх форм власності при виконанні космічної програми.

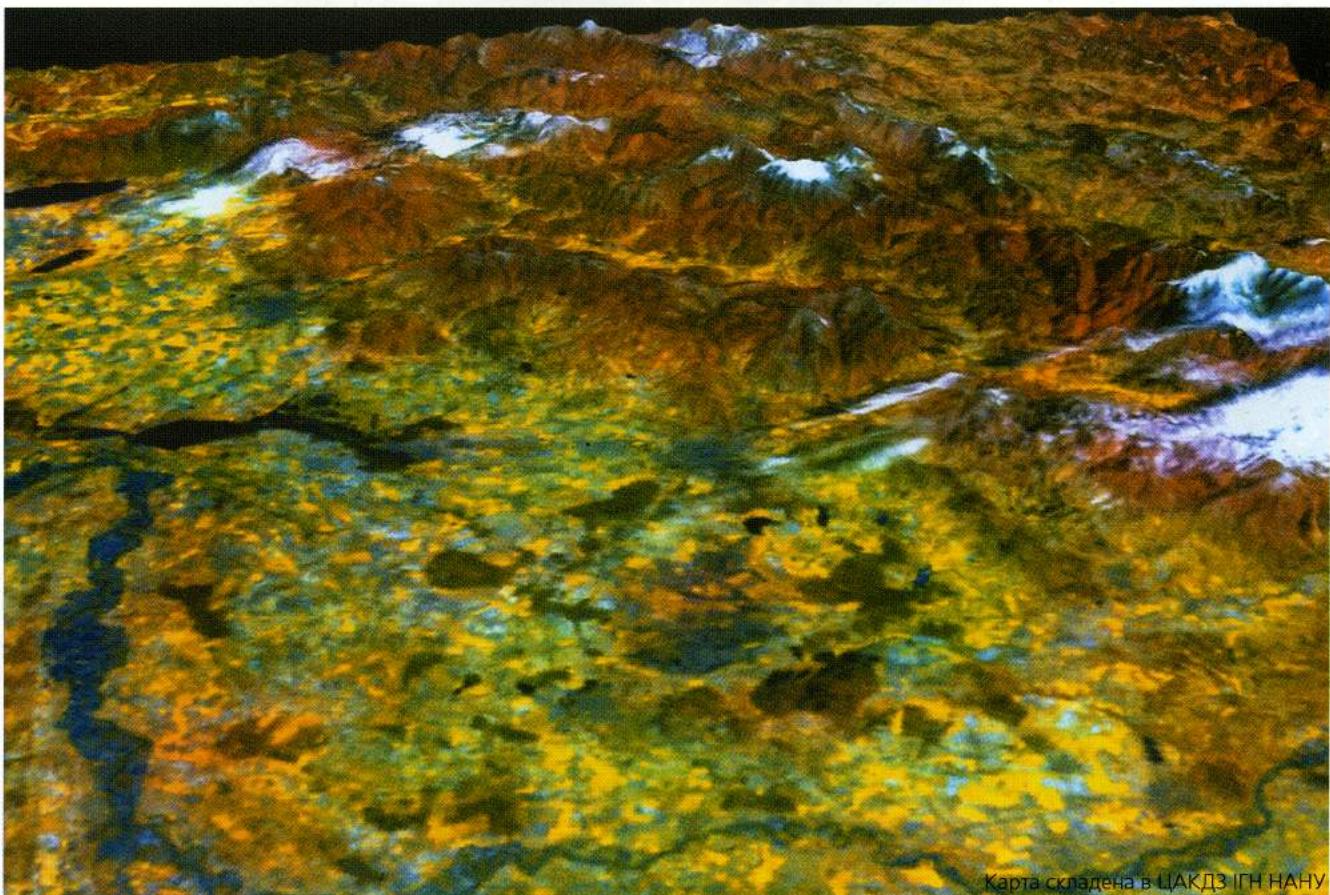
У зв'язку з цим НКАУ в 2000 – 2001 рр. ініціювало розробку та прийняття ряду важливих рішень щодо реформування космічної галузі України. Президент України видав Указ “Про заходи щодо використання космічних технологій для інноваційного розвитку економіки держави” № 73 від 06.02.2001, підпи-

сано міжурядові угоди співпраці України з Росією та Ізраїлем відносно співпраці в космічній галузі. НКАУ та НАНУ приступили до розробки третьої космічної програми України на 2002 – 2007 роки, яка визначатиме стратегічні напрямки космічної діяльності України та шляхи їх практичної реалізації, а також передбачатиме широку участь України у здійсненні міжнародних космічних проектів та програм.

Три фактори обумовлюють необхідність подальшого розвитку космічної науки і техніки в Україні: отримання нових знань про природу та місце людини у Всесвіті, економічна ефективність використання космічних засобів в інтересах розвитку економіки України, забезпечення оборони і національної безпеки.

Важливим також є і політичний аспект, оскільки бути космічною державою – це значить займати гідне місце та користуватися авторитетом у світі. Участь України у міжнародних космічних проектах свідчить, що наша держава підтримує сучасне гасло світової спільноти щодо глобалізації і комерціалізації космічної діяльності.

Поверхня DEM Закарпатської області, текстуркована знімком з КА “Океан-О”
(4, 3 та 2 канали MCУ-СК, КА “Океан-О”, 17 квітня 2000 року, розрізнення – 160 м)



Карта складена в ЦАКДЗ ІГН НАНУ



Попович



Попов



Каденюк



Береговий



Волков



Гідзенко



Ляхов



Маленченко



Жолобов



Васютін



Добровольський



Волк



Циблів



Кізим



Арцебарський



Шонін



Левченко



Онуфрієнко

Космонавти України.

З буклета "Україна космічна" Федерації космонавтики України та Київського республіканського планетарію, Київ — 2001

Післямова

Сьогодні на навколоzemних орбітах перебуває велика кількість супутників, пілотованих і автоматичних космічних станцій. Супутники зв'язку забезпечують нас тисячами телефонних і телевізійних каналів, метеосупутники передають нескінчений потік інформації, що дозволяє точніше прогнозувати погоду. Супутники дистанційного зондування Землі допомагають вивчати океани і континенти, забезпечуючи спеціалістів великим обсягом інформації для картографування геологічних структур та агрокультур, дослідження корисних копалин, океанських течій тощо. Інші супутники прикладного призначення несуть навігаційну службу і дозволяють визначити місце знаходження об'єктів з точністю в десятки сантиметрів у будь-який час і в будь-якій точці Землі, в тому числі випадку непередбачених ситуацій.

Робота такої армади супутників стала повсякденною нормою нашого життя. Людство серйозно задумалося про своє місце і роль у Всесвіті: зрозуміло, що без широкого міжнародного співробітництва і координації дій всі ці здобутки були б неможливими. Успіх у космічній галузі вже не є привілеєм кількох держав, оскільки все більше країн включається у космічні дослідження. Декілька десятків країн світу вже мають обладнання для запуску власних ракет-носіїв, а космонавти і астронавти різних держав побувили у космосі на борту станцій "Салют", "Мир" та МКС. Регулярно проводяться міжнародні космічні форуми. Люди стають співучасниками космічних експериментів, слідуючи з телевізійних екранів за їхнім ходом. Наукові результати місій публікуються у відкритій пресі, їх можна знайти на електронних сторінках світової комп'ютерної мережі World-Wide-Web. Сьогодні майже неможливо знайти галузь науки, на яку так чи інакше не вплинули б космічні досягнення. Зростає комерційна зацікавленість в освоєнні космосу. Все це накладає свій відбиток на прогнозування майбутнього мирного співробітництва у космосі, яке на порозі ХХІ століття переживає нову фазу розвитку у зв'язку зі створенням Міжнародної космічної станції та КА нового покоління, з підготовкою польоту землян до Марса. З огляду на це ще важливішим стає політичний клімат на планеті і бажання людей не допустити нового витка військового використання космосу.

Будучи свідками плідного міжнародного співробітництва у космосі, люди повинні відчувати в собі бажання знайти спільну мову на Землі. Космічні дослідження були і будуть важливим елементом прогресу науки, починаючи з вивчення Землі та планет Сонячної системи та переходячи до вивчення далекого космосу — справи майбутніх поколінь.



ЛІТЕРАТУРА

- Автоматические разведчики космоса / Под ред. В. Полякова. — М: Изд-во АПН, 1967.
- Алексеев В. А., Еременко А. А., Ткачев А. В. Космическое содружество: хроника международных полетов. — М.: Машиностроение, 1988.-208 с.
- Баевский Р. Физиологические методы в космосе. — М.: Наука, 1965.
- Безопасность космических полетов. — М.: Машиностроение, 1977.
- Борисенко Н. Г. В открытом космосе. — М.: Машиностроение, 1974.
- Брунс А. В. Как это было: орбитальный солнечный телескоп КрАО. — Научный, 1999.-92 с.
- Бургесс Э. К границам пространства. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1957.
- Бэлью Л., Стулингер Э. Орбитальная станция "Скайлоб" — М.: Машиностроение, 1977.
- Вавилова И. Б., Яцків Я. С. Окремі сторінки космічного літопису // Астрономічний календар-2000. — Київ: Сфера.-Вип. 46.-С. 207-222.
- Васильев М. Путь в космос. — М.: Сов. Россия, 1958.
- Впереди своего века / Под ред. И. С. Кроценцева. — М.: Машиностроение, 1970.-312 с.
- Гагарин Ю. Дорога в космос. — М.: Детгиз, 1963.-305 с.
- Глушко В. П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. — М.: Машиностроение, 1987.-304 с.
- Горбулін В. П., Завалішин А. П., Негода О. О., Яцків Я. С. Про державну космічну програму України // Космічна наука і технологія.-1995.-Т. 1, № 1.-С. 7-11.
- Григорьев Л. А., Кондрашов К. Я. Космическое землеведение. — М.: Наука, 1986.
- Гришин С. Д., Лесков Л. В. Индустириализация космоса, проблемы и перспективы. — М.: Наука.-1987.
- Губарев В. // Новое время.-1977.-№ 40.
- Губарев В. Хроника одного путешествия или повесть о первом луноходе. — М.: Молодая гвардия, 1971.
- Гэтланд К. Космическая техника. Иллюстрированная энциклопедия. — М.: Мир, 1986.- 296 с.
- Гэтланд К. Космонавтика ближайших лет. — М.: Воениздат, 1964.
- Жуков Г. П. Космос и мир. — М.: Наука, 1985.
- Из истории ракетной техники / Под ред. А. А. Благонравова. — М.: Наука, 1964.
- Из истории советской космонавтики: Сб. памяти академика С. П. Королева. — М.: Наука, 1983.-264 с.
- Искусственные спутники и космические аппараты, запущенные США Ф№ 0567, 1963, 294 с.
- Келдыш М. В., Маров М. Я. Космические исследования. — М.: Наука, 1981.-192 с.
- Козырев В. И., Никитин С. А. Международные экипажи в космосе. — М., Наука, 1985.-156 с.
- Конюхов С. М. Научно-технические направления разработок космических аппаратов КБ "Южное" им. М. К. Янгеля // Космічна наука і технологія.-1995.-Т. 1, № 1.-С. 11-34.
- Кордом Е. Л. Дослідження з космічної біології // Космічна наука і технологія.- 1997.-Т. 3, № 3/4.-С. 5-15.
- Космическая технология / Под ред. Л. Стега. — М.: Мир, 1980.
- Космические полеты на кораблях "Союз". Биомедицинские исследования / Под ред. О. Г. Газенка, Л. И. Какурина, А. Г. Кузнецова. — М.: Наука, 1976.
- Космическое содружество / Под ред. А. С. Елисеева. — М.: Машиностроение, 1980.
- Космичне право України. Збірник нормативно-правових актів та міжнародних документів. — К.: Видавничий дім, 1999.-264 с.
- Космонавтика. Энциклопедия. — М.: Сов. Энциклопедия, 1985.-528 с.
- Космонавтика СССР. — М.: Машиностроение, 1987.-496 с.
- Космос: технологии, материаловедение, конструкции: Сборник науч. тр. / Под ред Б. Е. Патона. — Киев: ИЭС им Б. О. Патона НАНУ, 2000.-528 с.
- Космос - Україні / Під ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. — Київ: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 2001.-112 с.
- Кубасов В. Н., Дашков А. А. Межпланетные полеты. — М.: Машиностроение, 1977.-272 с.
- Максимов А. И. Космическая одиссея или краткая история развития ракетной техники и космонавтики. — Новосибирск: Наука, 1991.-216 с.
- Латухин А. Н. Боевые управляемые ракеты. — М.: Воениздат, 1978.-159 с.
- Левантовский В. И. Механика космического полета. — М.: Наука, 1980.-512 с.
- Оберт Г. Пути осуществления космических полетов. — М.: Оборонгиз, 1948.
- Основы космической биологии и медицины: В 3 томах / Под ред. О. Г. Газенко, М. Каловина. — М.: Наука, 1975.
- Патон Б. Е. Космическая деятельность Украины на пороге нового тысячелетия. — Доклад на Международной конференции "Unispace-III", 1999.
- Патон Б. Е., Булацев А. Р., Михайловская Е. С. Загребельный А. А., Никитский В. П., Марков А. В., Чурило И. В. Ферменные конструкции в орбитальных комплексах // Автоматическая сварка.-1998.-№ 11.-С. 5-10.
- Патон Б. Е., Лапчинский В. Ф. Сварка и родственные технологии в космосе: особенности и перспективы. — Киев: Наукова думка, 1998.-184 с.
- Пионеры ракетной техники: Гансинандт, Годдард, Эсно-Пельтири, Оберт, Гоманн // Избранные труды. — М.: Наука, 1964, 1972, 1977.
- Пугач А. Ф., Чурюмов К. И. Небо без чудес. — Киев: Изд-во полит. лит-ры, 1987.
- "Союз-22" исследует Землю. — М.: Наука, 1980.
- "Союз" и "Аполлон" / Под ред. К. Д. Бушуева. — М.: Политиздат, 1976.
- Селешников С. И. Астрономия и космонавтика: краткий хронологический справочник с древнейших времен до наших дней. — Киев: Наукова думка, 1967.-304 с.
- Творческое наследие академика Сергея Павловича Королева: Избр. тр. и документы. — М.: Наука, 1980.-592 с.
- Успехи Советского Союза в исследовании космического пространства. Первое космическое десятилетие. — М.: Наука, 1968.- 546 с.
- Успехи Советского Союза в исследовании космического пространства. Второе космическое десятилетие. — М.: Наука, 1978.- 752 с.
- Фертрет М. Основы космонавтики. — М.: Просвещение, 1969.-301 с.
- Эсно-Пельтири Р. Космические полеты. — М.: Оборонгиз, 1950.
- Яцків Я. С., Вест Р. Основные вехи космической эры // Очерк истории естествознания и техники.-1987.-Вып 33.-С. 30-42.
- An International Rendezvous with Halley's Comet. Encounter '86 // The ESA Publications Division, 1986.
- Booth N. The Encyclopedia of Space. Mallard Press. 1990.-200 p.
- COSPAR Bulletins.
- Mars. The NASA Mission Reports. Apogee Books, 2000.-432 p.