

**Слово**  
**про Б. Є. Патона**

---

**В. П. Горбулін<sup>1,2</sup>, Я. С. Яцків<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Президія Національної академії наук України, Київ, Україна

<sup>2</sup> Національний інститут стратегічних досліджень, Київ, Україна

<sup>3</sup> Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, Київ, Україна

## **Б. Є. ПАТОН І РОЗВИТОК КОСМІЧНОЇ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

*У статті описано внесок Б. Є. Патона — директора Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона та президента НАН України — у розвиток космічної науки і технологій з нагоди відзначення 100-річчя від дня його народження. Б. Є. Патону були та є притаманні риси постійного пошуку нового у вирішенні складних науково-технічних проблем та прагнення до отримання результатів світового рівня у науковій сфері, зокрема космічній науці і техніці.*

**Ключові слова:** діячі ракетно-космічної галузі, космічні технології, історія космонавтики.

### **ВСТУП ПЕРШИЙ**

Авторам цієї статті, присвяченої 100-річчю від дня народження Бориса Євгеновича Патона — видатного вченого та організатора науки, унікальної людини бурхливого ХХ століття та сьогодення, пощастило знати, спілкуватися та співпрацювати з ювіляром впродовж багатьох років. Зустрічі та спілкування з Б. Є. Патonom завжди були та є і донині для нас неординарними та незабутніми подіями. Ми не будемо наводити перелік багатьох важливих справ і подій, у яких ключову роль відігравав Борис Євгенович Патон, оскільки ця тема вже багатогранно висвітлювалася дослідниками творчості Б. Є. Патона на сторінках різних видань [1]. Автори статті також ділилися своїми спогадами про деякі з цих подій [2, 7, 8].

У цій статті мова йтиме про окрему сферу діяльності Б. Є. Патона, а саме його внесок у розвиток космічної галузі колишнього СРСР та України після проголошення у 1991 році її незалежності. При підготовці цієї статті для журналу КНІТ, головним редактором якого з часу засну-

вання у 1995 році є Б. Є. Патон, ми використали окремий розділ книги [2].

### **ВСТУП ДРУГИЙ**

Дозволимо собі зробити декілька загальних зауважень, що безпосередньо стосуються особистості Б. Є. Патона.

По-перше, поява видатних особистостей на планеті Земля є результатом унікального поєднання їхніх генетичних рис. Але талановитість реалізується тільки тоді, коли наділені нею люди впродовж усього свого життя самовіддано трудяться та шліфують свої здібності. Саме такою людиною є Борис Євгенович Патон.

По-друге, неординарні, геніальні постаті народжуються чомусь у критичні (важкі) періоди історії людської цивілізації. Так і сталося в СРСР, коли у важкі післявоєнні роки з'явилася ціла плеяда талановитих учених, великих організаторів науки і виробництва.

Це прямо торкнулося і ракетно-космічної техніки, саме її розвиток привніс у наукову термінологію скромне, але надзвичайно ємне — «Головний конструктор». Ось вони: С. П. Корольов, М. К. Янгель, В. П. Глушко, М. О. Пилюгін, В. М. Челомей,

В. І. Кузнецов, В. П. Бармін, М. С. Рязанський. Список можна було б продовжити, але доля так розпорядилася, що визначила тісну співпрацю Національної академії наук України<sup>1</sup> та особисту дружбу її президента — Бориса Євгеновича Патона з двома з них: Сергієм Павловичем Корольовим та Михайлом Кузьмичем Янгелем.

Ця співпраця вибудовувалася в різних часових координатах, різномасштабних за значимістю завданнях, але вона завжди була своєчасною і плідною. А найсуттєвіше — один раз встановлені зв'язки зберігалися і після відходу цих двох видатних постатей у вічність.

По-третє, зазвичай буває дуже складно провести розділну лінію між багатогранною діяльністю тієї чи іншої особистості на різних напрямках її діяльності. Це повною мірою відноситься до Б. Є. Патона — директора всесвітньо відомого Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України та президента НАН України [4].

Б. Є. Патон був обраний президентом НАН України у період бурхливого розвитку в СРСР ракетно-космічної техніки та космічних досліджень, який характеризувався гострою політичною конкуренцією двох наддержав — США та СРСР. Це зумовлювало безмежну концентрацію науково-технічного потенціалу й матеріальних ресурсів на вирішення завдань створення ракетно-космічної техніки. Забезпечити участь академічних установ у виконанні цих масштабних планів могла тільки поява талановитого вченого і, що не менш важливо, вмілого організатора науки. Таким став Б. Є. Патон.

#### **ВСЕ РОЗПОЧИНАЛОСЯ З БОЙОВИХ РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ОРБІТАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ СТАНЦІЙ**

Хронологічно не просто визначити, що було в Б. Є. Патона спочатку — чи участь у створенні бойових ракет (БР) конструкції М. К. Янгеля, чи перші проекти ракет-носіїв, а потім орбітальних космічних станцій (ОКС) конструкції С. П. Корольова [5].

І все-таки ми почнемо з БР, поява і потужний розвиток яких відноситься до другої половини 50-х років минулого століття.

<sup>1</sup> Тут і далі використовуватимемо сучасні назви установ та організацій

Щоб зрозуміти специфіку цих часів, досить пригадати той факт, що через антагонізм між США та СРСР над світом нависла загроза нової війни. Маючи суттєві переваги у розвитку ракетної техніки, США прагнули закріпити своє стратегічне положення у світі. СРСР напружено шукав шляхи й способи створення систем протидії США, які вже мали ракетні бази на території Європи та Азії. Очоливши у 1954 р. ОКБ-586, М. К. Янгель став основоположником нового напрямку в ракетобудуванні, який полягав у створенні БР на висококиплячих компонентах палива з автономною системою керування. Складність цього рішення полягала в тому, що висококиплячі компоненти — вкрай агресивне середовище. Тому необхідно було не допустити в паливних магістралях дефектів навіть надзвичайно малих розмірів, оскільки дефект діаметром в долі міліметра міг призвести до зняття ракет із бойового чергування

Важко переоцінити роль інститутів НАН України і, в першу чергу Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона, в забезпеченні надійності та герметичності бойових ракет. Ними були вирішені дві задачі — металургійна і технологічна. У результаті розв'язання першої створювалися нові матеріали й були розроблені неруйнівні методи контролю, що значно підвищувало якість БР. Вирішення другого завдання забезпечило створення технологічних засобів боротьби з негерметичністю. Основну роль тут відігравала технологія зварювання. Як підсумок — у кінці 1950-х років зварювання несучих конструкцій, паливних баків, двигунів і вузлів ракет здійснювалося за допомогою аргонно-дугового зварювання, розробленого в ІЕЗ ім. Є. О. Патона. Водночас його широке використання виявило ряд недоліків. Застосовувані у зварюванні електроди з присадкою оксиду торію не забезпечували стабільності дуги і, відповідно, якості зварних з'єднань. Крім того, оксид торію представляв небезпеку для здоров'я зварювальника через радіоактивність.

Тому вже у 60-х роках ІЕЗ ім. Є. О. Патона разом з Московським електроламповим заводом приступив до роботи зі створення вольфрамових електродів з добавками рідкоземельних елемен-

тів. Як присадки використовувалися добавки лантану та ітрію. Ітрій забезпечував стабільність зварювальної дуги і стійкість електрода. Зварні шви, виконані цими електродами, відрізнялися герметичністю і міцністю. Вони використовувалися при зварюванні неповоротних стиків труб з алюмінію, нержавіючої сталі й титану. Усе це сприяло вирішенню проблеми герметичності для першого покоління ракет КБ «Південне».

При розробці стратегічних ракет другого покоління (час перебування в заправленому стані збільшився до 5 років) виникла необхідність такої технології зварювання, при якій зварні з'єднання були б рівні за міцністю до основного металу. Дослідження показали, що найбільш ефективним способом виготовлення шпангоутів і найбільш навантажених елементів корпусів ракет є контактнo-стикове зварювання. У 1968 р. ІЕЗ ім. Є. О. Патона запровадив на «Південному машинобудівному заводі» технологічне обладнання для контактного стикового зварювання шпангоутів з пресованих листових і пустотілих профілів. Використання цього технологічного процесу забезпечило високу точність геометричних розмірів, абсолютну герметичність і високу продуктивність.

Ці технології стали невід'ємною частиною виробництва стратегічних ракет другого покоління. Зокрема, були впроваджені унікальні машини для контактного зварювання поздовжніх швів циліндричних і конічних обичайок товщиною до 31,5 мм і довжиною зварного шва до 2000 мм. Згодом в ІЕЗ ім. Є. О. Патона разом з КБ «Південне» отримали розвиток роботи зі створення технологічних процесів дифузійного зварювання панелей з алюмінієвих сплавів для використання їх у великогабаритних вузлах адаптера головного обтічника й перехідних відсіків ракети.

Створення стратегічних ракетних комплексів третього і четвертого покоління супроводжувалося розробкою нових удосконалених процесів зварювання. Так, були розроблені, виготовлені та впроваджені установки для електронно-променевого зварювання з вакуумною камерою для зварювання великогабаритних конструкцій з алюмінієвих і титанових сплавів. Створювалися технології зварювання у твердій

фазі вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів і титанових сплавів. Таким чином, під керівництвом Бориса Євгеновича Патона ІЕЗ ім. Є. О. Патона зробив величезний науково-технологічний внесок у створення чотирьох поколінь стратегічних ракетних комплексів розробки КБ «Південне» від ракети Р-12 до ракет Р-36М2 і РТ-23.

Було б невинувато зупинитися на ролі Б. Є. Патона тільки як директора ІЕЗ ім. Є. О. Патона. У розвитку ракетно-космічної техніки брали участь також інші інститути Академії за ініціативою її президента. Вибірковий, але об'єктивний відбір дозволяє виділити наступні основні завдання, які були вирішені інститутами Академії зі створення БР.

1. Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича:

- створення ерозійно-стійкого матеріалу для соплових блоків ракетних двигунів на твердому паливі на основі вольфрамово-мідних псевдосплавів і вуглепластиків;
- розробка вуглець-вуглецевих матеріалів на основі тривимірних трикотаажних вуглеволоконистих структур;
- дослідження параметрів теплового руйнування і радіотехнічних характеристик матеріалів багатофункціональних покриттів бойових блоків з підтвердженням їхньої працездатності.

2. Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка:

- дослідження міцності й деформованості теплостійких і ерозійно-стійких матеріалів і сплавів на основі вольфраму, молібдену, ніобію, вуглеволоконистих наповнювачів у діапазоні температур до 3520 °С;
- розробка критеріїв міцності і несучої здатності матеріалів і елементів конструкцій, що працюють в екстремальних умовах.

3. Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка:

- розробка численних методів розрахунку елементів конструкцій в умовах напружено-деформованого стану, коливань та стійкості;
- розробка методів вирішення лінійних і нелінійних крайових задач для динаміки твердого тіла з порожнинами складної геометричної форми, що містять компоненти палива.

4. Інститут технічної механіки  
НАН України і ДКА України:

- дослідження проблеми нестійкості горіння в РРД, поздовжньої стійкості РРД, питань наближення стендових випробувань до натурних, міцності тонкостінних оболонок, розробка параметричних методів оцінювання надійності.

5. Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна:

- розробка та впровадження у виробництво технології підвищення піровуглецем об'ємних вуглеволоконистих структур;
- створення біметалів з ніобієвого сплаву зі сталлю для роботи при температурах до 1200 °С.

6. Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка:

- дослідження процесів старіння і газовиділення неметалевих матеріалів;
- визначення енергії активації процесів старіння неметалічних матеріалів.

7. Інститут фізичної хімії  
ім. Л. В. Писаржевського:

- розробка безгелієвих високочутливих методів контролю локальної негерметичності агрегатів і паливних систем ракет, що дозволяють поєднати операції гідровипробувань та перевірки герметичності.

8. Інститут проблем машинобудування  
ім. А. М. Підгорного:

- розробка та впровадження методики й апаратури на основі акустичної емісії для неруйнівного контролю якості пускової мембрани в ракетних двигунах на твердому паливі.

9. Фізико-механічний інститут  
ім. Г. В. Карпенка:

- дослідження впливу циклічних навантажень та тривалого напруженого стану на герметичність зварних швів, що дозволило отримати методи розрахунку для підтвердження гарантійних термінів зберігання ампулізованих ракет.

Із наведеного вище випливає очевидний висновок — колективам академічних інститутів були притаманні риси постійного пошуку нового, щоб у стислі строки вирішити складні науково-технічні проблеми.

## КОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ЗДОБУТКИ СВІТОВОГО РІВНЯ

12 квітня 1961 року політ Ю. О. Гагаріна започаткував еру пілотованої космонавтики. В СРСР створення та функціонування орбітальних космічних станцій (ОКС) розглядалися як магістральна дорога розвитку космонавтики, а її основа була закладена завдяки співпраці Б. Є. Патона і С. П. Корольова ще на початку 1960-х років. Саме завдяки цій співпраці С. П. Корольов вирішив, що при створенні майбутніх ОКС перспективним буде виконання зварювальних робіт для будівництва та ремонту великогабаритних конструкцій у відкритому космосі.

Подальший пріоритет у започаткуванні нового науково-технічного напрямку — космічної технології (КТ) належить Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона. Разом з ОКБ С. П. Корольова та Інститутом електродинаміки НАН України ІЕЗ ім. Є. О. Патона розробив першу комплексну програму досліджень особливостей зварювання різних металів в умовах глибокого вакууму та мікрогравітації.

Вже 16 жовтня 1969 р. в польоті «Союз-6» космонавти Г. Шонін і В. Кубасов уперше виконали експерименти з автоматичним зварюванням і різанням металу електронним променем на спеціальній установці «Вулкан». Цей експеримент, підготовлений колективом ІЕЗ під керівництвом Б. Є. Патона, ознаменував початок розвитку космічних технологій. Перебуваючи в герметичному відсіку, космонавти дистанційно керували процесом зварювання, який відбувався в орбітальному, спеціально розгерметизованому відсіку. Аналіз доставлених на Землю зварних швів, отриманих різними методами, дозволив створити нові зразки зварювальної апаратури і розробити нові методики, які стали основою наступних технологічних експериментів на ОКС.

У цілому можна стверджувати, що ланцюжок матеріалознавчих і технологічних розробок, а також досліджень з космічної біології та медицини, виконаних на «Салюті-6», стали пріоритетними досягненнями української науки 70-х років ХХ ст.

У 1979 р. на «Салют-6» була доставлена технологічна установка «Випарювач», розроблена колективом ІЕЗ ім. Є. О. Патона для відпрацюван-



ня процесів нанесення тонкоплівкових покриттів на металеві та неметалеві прокладки методом електронно-променевого випаровування і конденсації речовини. Протягом трьох років функціонування установки було отримано понад 200 зразків різноманітних покриттів на різній основі. Експериментальний матеріал дозволив не тільки сформулювати основні принципи виконання технологічних процесів у космосі, а й розгорнути дослідження та виготовлення окремих приладів в інших напрямках космічної технології.

Крім того, на «Салюті-6» космонавти дистанційно керували розкриттям великогабаритних конструкцій рамкових антен розробки ІЕЗ, які перебували на кораблі «Прогрес». Ці експерименти були продовжені в польоті на станції «Салют-7», на якій було передбачено дооснащення сонячних батарей за допомогою монтажу додаткових панелей, встановлена нова електропіч «Кристал» для отримання чистих кристалічних матеріалів та ін.

Для виконання термінових ремонтних робіт на ОКС в ІЕЗ ім. Є. О. Патона було створено універсальний ручний електронно-променевий інструмент (УРІ). Космонавти С. Савицька та В. Джанібеков у 1984 р. за допомогою УРІ виконали низку операцій з різання, зварювання та пайки, перебуваючи у відкритому космосі на спеціально змонтованому зварювальному посту.

Аналіз робіт, виконаних С. Савицькою і В. Джанібековим, дозволив космонавтам Л. Кизиму і В. Соловійову в 1986 р. здійснити 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-стрижневої конструкції довжиною 13 м. Цей експеримент вимагав від науковців з ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України розробки принципово нових методів монтажу великогабаритних космічних конструкцій у космосі (великогабаритні конструкції — це вироби, маса і розміри яких не дозволяють виводити їх на робочі орбіти за допомогою РН у повністю зібраному вигляді). Для створення й експлуатації таких конструкцій потрібно було не тільки використовувати нові види зварювання і нероз'ємного

сполучення матеріалів, оптимізувати зовнішній вигляд, а й розробити нову монтажну апаратуру для їхнього виготовлення у глибокому вакуумі і безопірному просторі за умови вкрай обмежених можливостей операторів. Для відносно простих конструкцій ідеальним варіантом є їхнє повне виготовлення на Землі, подальше розгортання і фіксація в космосі. Для складніших і багатофункціональних великогабаритних конструкцій оптимальним є поелементне збирання конструкцій безпосередньо на орбіті і навіть виготовлення там окремих елементів. З цією метою в ІЕЗ НАН України був виготовлений спеціальний агрегат-стапель. Він дозволяє збирати і зварювати в космосі потужні силові каркаси висотою близько 3 м і практично необмеженої довжини, яка визначається лише запасом конструктивних елементів, котрий може поповнюватися.

Усі ці роботи в подальшому були продовжені на ОКС «Мир», на якій практично впродовж 15 років працювали космонавти та на якій українськими вченими було виконано ряд експериментів з космічної технології.

Спеціалісти ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України у співпраці з російськими вченими розробили ферму та агрегат для розгортання в космосі системи енергозабезпечення модуля «Кристал». Ферма була базовою конструкцією подовжених сонячних батарей модуля, який був пристикований до ОКС у травні 1991 р. Після стикування модуля з ОКС за командою з Центрального командного пункту (ЦКП) сонячні батареї було повністю розкрито на довжину 15 м. У 1997 р. після невдалої стикування КА «Прогрес» з ОКС була використана аналогічна ферма, що трансформувалася, для заміни сонячних батарей на модулі «Квант», що збільшило енергетичну потужність станції. Експеримент 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».

#### НОВІ РЕАЛІЇ 90-х років XX ст.

Розпад СРСР — однієї з потужних космічних держав світу — не тільки суттєво змінив геополітичну систему у світі, а й значною мірою вплинув

АКАДЕМИЯ НАУК  
УКРАИНСКОЙ РАДЯНСКОЙ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КОМІСІЯ КОСМІЧНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ

252127, Київ-127, Голосівський л-с  
Для телеграм — Київ, н/б. Тел. 66-08-09  
Телетайп 132517 «Нібо»

27.II.91 № 79-1692/26

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Академику АН УССР  
Академику НАН УССР  
Академику НАН Б.Е.

Д. С. Н. Седук

Для исполнения.

13.12.91

Председатель Комиссии  
космических исследований  
АН Украины  
академик АН Украины

12.12.91

8/Н-826

Исп. Силич  
Т. 266-47-58  
КДНК, Київ, Репина, 4. Зам. 6-5067-1000

АКАДЕМИЯ НАУК  
УКРАИНСКОЙ СОВЕТСКОЙ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КОМИССИЯ КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

252127, Киев-127, Голосовский л-с  
Для телеграм — Киев, н/б. Тел. 66-08-09  
Телетайп 132517 «Нібо»

Академику АН УССР  
Академику НАН УССР  
Академику НАН Б.Е.

Д. С. Н. Седук

Для исполнения.

13.12.91

Председатель Комиссии  
космических исследований  
АН Украины  
академик АН Украины

12.12.91

8/Н-826

Исп. Силич  
Т. 266-47-58  
КДНК, Київ, Репина, 4. Зам. 6-5067-1000

на розвиток світової космонавтики. Військове протистояння у космосі вже перестало бути мотивом до планування та проведення великих космічних експериментів. Економічні негаразди в Росії та інших країнах СНД не дали змоги вчасно реалізувати заплановані широкомасштабні космічні проекти (наприклад, проекти серії «Спектр», «Мир-2»). І все-таки у співпраці з Україною та іншими державами світу Росія ще продовжувала космічні дослідження Марса (невдала місія «Марс-94/96») та Сонця (успішна програма КОРОНАС-І), активно використовувала ОКС «Мир», у першу чергу для медико-біологічних та технологічних досліджень, на якій побувало багато російських та міжнародних екіпажів, у тому числі громадяни США.

Водночас перед Україною — незалежною з 1991 року державою — серед багатьох невідкладних питань державотворення в той час постало і таке: «Як бути з космічною галуззю України?» Адже українські вчені та конструктори-виробники були причетні практично до всіх важливих космічних проектів СРСР. В Україні було розроблено й виготовлено, а потім запущено у космос понад 300 ракет-носіїв та близько 400 космічних апаратів різного призначення. За оцінками експертів Україна успадкувала майже третину потужного космічного потенціалу колишнього СРСР, який не мала права втратити. Тому на різних рівнях владних структур та у наукових установах АН УРСР, які брали участь у космічних дослідженнях Радянського Союзу, у 1991 р. відбувалися дискусії про подальшу долю космічної галузі України, а Президія АН УРСР терміново розглянула питання про стан космічних досліджень в Україні. Була підготовлена відповідна доповідна записка Президенту України.

І вже 30 січня 1992 р. відбулася зустріч Президента України Л. М. Кравчука з членами Академії наук України, на якій одному з авторів цієї статті (Я. С. Яцківу) було надано слово для виступу (див. [8, С. 38—39]).

В той же час перший автор статті (В. П. Горбулін), працюючи в Кабінеті Міністрів України, ініціював розгляд питання про управління космічною галуззю на державному рівні.

В результаті Указом Президента України 29 лютого 1992 р. було створено Національне космічне агентство України (НКАУ). За пропозицією Б. Є. Патона першим Генеральним директором НКАУ було призначено Володимира Павловича Горбуліна.

Національне космічне агентство України відразу розгорнула свою діяльність і разом з Комісією космічних досліджень АН України створено експертну групу з підготовки проектів космічних досліджень України, зокрема тих, що виконувалися за Міждержавною науково-технічною програмою «Дослідження та використання космічного простору» (МНТП «Космос»).

#### НАЦИОНАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО УКРАИНЫ (НКАУ) КОМИССИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АН УКРАИНЫ (ККИ АНУ)

Распоряжение № 1

04.05.92 г.

#### О создании экспертной группы

*С целью рассмотрения проектов космических исследований Украины, финансируемых из Фонда межгосударственных программ по разделу «Научно-исследовательские работы, включая комплекс научной аппаратуры и научно-технический задел на перспективу», создать экспертную группу в составе:*

1. Яцкив Я. С. — председатель
2. Горбулин В. П. (НКАУ)
3. Драновский В. И. (ККИ АНУ)
4. Ивасишин О. М. (ККИ АНУ)
5. Кордюм Е. Л. (ККИ АНУ)
6. Лапчинский В. Ф. (ККИ АНУ)
7. Литвиненко Л. Н. (ККИ АНУ)
8. Лялько В. И. (ККИ АНУ)
9. Пилипенко В. В. (ККИ АНУ)
10. Попадинец В. И. (ККИ АНУ)
11. Скороход В. В. (ККИ АНУ)
12. Сопрунюк П. М. (ККИ АНУ)
13. Силич С. А. (ККИ АНУ) — секретарь

Генеральный директор НКАУ

**В. П. Горбулин**

Председатель ККИ АНУ

академик АН Украины

**Я. С. Яцкив**

Незважаючи на фінансові та організаційні труднощі, окремі проекти МНТП «Космос» ви-



конувалися за графіком, а строки завершення інших (як це було з КОРОНАС-І) переносилися.

Водночас йшла підготовка проекту першої Національної космічної програми України на 1993—1997 рр. Це обумовило широке обговорення принципів організації космічної діяльності в Україні, в якому брав активну участь Б. Є. Патон, який вважав, що, з одного боку, необхідно враховувати реалії, що склалися у космічній сфері СРСР — колишнього лідера космічної гонки у світі, і з другого — намагатися зберегти потенціал космічної галузі незалежної України.

Згодом за авторства В. П. Горбуліна, А. П. Завалішина, С. М. Конюхова та Я. С. Яцківа була підготовлена Концепція Державної космічної програми України (див. [8, С. 44—46]) та розпочалося в непростих умовах — інфляція, «віртуальні гроші» на космос, передвиборчі баталії — виконання її проектів, зокрема і у співпраці з Росією (проекти «Марс 94/96», КОРОНАС-І та ін.).

Президент НАН України Б. Є. Патон продовжував активно впливати на організацію космічних досліджень в Україні.

Згодом на зміну ОКС «Мир» прийшла Міжнародна космічна станція (МКС), у створенні якої передбачалася участь України (і навіть більше — створення та функціонування Українського дослідницького модуля (УДМ) в рамках Російського сегмента МКС). Це зумовило розробку української науково-технічної програми експериментів на борту МКС. З цією метою НАН та НКА України створили Координаційний комітет з наукових досліджень та технологічних експериментів на борту орбітальних космічних станцій (ККОКС), який очолив Б. Є. Патон. ККОКС сформував пропозиції українських учених щодо проведення наукових досліджень та технологічних експериментів на борту УДМ МКС (близько 110 експериментів різноманітної тривалості і складності) за такими напрямками:

- дослідження з впливу мікрогравітації на кипіння рідкого гелію та космічних факторів на процеси втомлюваності та зношування матеріалів;
- виробництво нових унікальних матеріалів у 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 й напруженого стану зварних елементів космічних конструкцій;
- дослідження верхньої атмосфери Землі в оптичному і міліметровому діапазонах довжин хвиль;
- дослідження плазмового та газового середовища навколо великогабаритних космічних конструкцій;
- дослідження іоносфери Землі;
- дистанційне зондування поверхні та океанів Землі;
- створення орбітальної оранжереї 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.

Доля так розпорядилася, що УДМ не вдалося створити. Тому деякі із запропонованих експериментів реалізувалися пізніше на російському сегменті МКС.

## Б. Є. ПАТОН І НАУКОВІ КОСМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Діяльність Б. Є. Патона не обмежувалася тільки матеріалознавчими й технічними розробками у космічній галузі. Він активно підтримував та сприяв розвитку космічних досліджень з проблем біології та медицини, дистанційного зондування Землі, позаатмосферної астрономії тощо.

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» та «Союз».

Але найбільш ефективними стали експерименти на ОКС «Салют», особливо під час довготривалих експедицій. Ці експерименти стимулювали розвиток клітинної біотехнології, гравітаційної та радіаційної біології, дослідження з функціо-

нування екосистем, пребіотичного синтезу (вивчення походження та ранньої еволюції життя на планеті). Об'єктами 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 чинників на працездатність і психологічну адаптацію космонавтів та фізіологічні процеси, які відбуваються в організмі людини під час польоту. Вагомий внесок у розробку і виконання радянської програми з космічної біології та медицини належить Інституту медико-біологічних проблем АМН СРСР під керівництвом О. Г. Газенка у співпраці з академічними установами України.

В Україні піонерами в цій новій галузі досліджень стали вчені з Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця під керівництвом В. А. Кордюма, а пізніше науковці Інституту молекулярної біології і генетики та Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, якими були запропоновані перші експерименти з біології рослин у космосі. Починаючи з 1974 р., біологічні дослідження українських учених набувають систематичного характеру. У 1975 р. проводились експерименти «Ріст мікроорганізмів» за радянсько-американською програмою «Союз-Аполлон», а вже на ОКС «Салют-6» була організована серія експериментів, підготовлених групою науковців з різних установ під керівництвом Є. Л. Кордюм.

Були виконані різноманітні дослідження з використанням бактерій, вищих рослин, культур клітин і тканин, у тому числі перспективний радянсько-чехословацький 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. — уперше в умовах космічного польоту зацвіли рослини резушки (*Arabidopsis*), від насіння до насіння нового покоління якої проходить 40—45 діб. Спеціалісти Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України підготували на ОКС «Салют» оригінальні експерименти з орхідеями (ріст, розвиток, анатомічна будова листків, вміст фітогормонів) та

запровадили використання орхідей як елементу дизайну кабіни космонавтів КК вирішальна роль у постановці цих експериментів належить Т. М. Черевченко. 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, у тому числі була виявлена тенденція до прискорення росту і диференціювання клітин в орбітальних умовах, яка веде до завчасного старіння та скорочення онтогенезу організму.

Результати біологічних експериментів, які проводилися українськими вченими на ОКС серії «Салют», ввели Україну на початку 1990-х років до числа світових лідерів з комплексного дослідження біології клітин в умовах космічного польоту. Згодом ці експерименти були продовжені першим космонавтом України Леонідом Каденюком на борту КА «Спейс Шатл» [3].

У ході польоту протягом 16 днів ним було проведено експерименти з космічної біології, а саме: вивчення процесів розвитку рослин як одного з елементів систем життєзабезпечення майбутніх довготривалих пілотованих місій. Комплекс біологічних досліджень за участю українського космонавта було розроблено в Інституті ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. У цих експериментах також брали участь інші інститути НАН України, університети США та космічний центр імені Джона Кеннеді. За спільною американсько-українською освітньою програмою проведено цікавий експеримент зі штучним запиленням та фіксацією на орбіті запилених 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 майбутньому примножить космічну славу України.

Крім біологічних експериментів, установи НАН України брали активну участь у здійсненні в СРСР та Росії космічних досліджень планети Венера (КА «Венера»), Сонця (КА КОРОНАС), комети Галлея (КА «Вега») та ін.

31 серпня 1995 р. Україна ракетою-носієм «Циклон-3» запустила перший власний космічний апарат «Січ-1», який призначався для дистанційного зондування Землі: спостережень динаміки процесів в атмосфері, на океанічній поверхні, на суші і під кригою. Робота проводилась в інтересах аграрної галузі України та охорони навколишнього середовища. На КА «Січ» було встановлено унікальний радіолокатор бічного огляду з шириною смуги огляду 450 км розробки Центру радіофізичного зондування Землі ім. А. І. Калмикова НАН і НКА України. У створенні першого українського супутника взяли участь КБ «Південне» та ВО «Південмаш», інститути й установи НАН України та інших відомств. Згодом на орбіту був запущений другий КА «Січ-2» з метою виконання дистанційного зондування Землі та проведення досліджень навколоземного космічного простору за участі Львівського центру Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України, створеного у 1996 р. за ініціативи О. О. Негоди (генерального директора НКАУ у 1995—2005 рр.) та Б. Є. Патона.

З року в рік продовжувалося становлення космічної галузі України за участі вчених НАН України при виконанні наступних науково-технічних космічних програм України (зараз йде узгодження 6-ї такої програми) та широкому використанні міжнародної співпраці для отримання результатів космічних місій інших держав світу.

Б. Є. Патон активно сприяв налагодженню міжнародної співпраці в рамках Науково-технологічного центру України (УНТЦ), відповідних угод з країнами ЄС, США та Канади.

Особливу увагу Б. Є. Патон приділяв та приділяє співпраці установ НАН України з ДКБ «Південне» ті іншими підприємствами космічної галузі України.

Ця сфера діяльності Б. Є. Патона ще чекає свого натхненного дослідника.

## ЗАМІСТЬ ПІСЛЯМОВИ

Нинішнє покоління є свідком величезних здобутків у космічній галузі. У найближчі роки космічні апарати НАСА, ЄКА, Росії, Японії, Китаю, України та інших країн виконуватимуть нові

місії з дослідження Землі та об'єктів далекого Всесвіту, сприятимуть науково-технічному прогресу земної цивілізації та збереженню її унікального місцезнаходження.

Втілення в життя цих задумів 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 здійснювати нові проекти, а й вміти якісно використовувати нові дані у своїх наукових пошуках. Президент НАН України та голова Ради з космічних досліджень НАН України Б. Є. Патон уважно стежить за успіхами світової космонавтики, докладає зусиль до розвитку космічних досліджень в Україні та налагодження плідної міжнародної співпраці у цій сфері. Космічні дослідження були і будуть важливим елементом прогресу науки. Космічні апарати прикладного призначення забезпечують людство каналами теле- та радіозв'язку, метеопрогнозами, несуть навігаційну службу та допомагають уникати надзвичайних ситуацій. Будучи свідками плідної міжнародної співпраці у космосі, люди будуть відчувати потребу знайти спільну мову та зберегти нашу унікальну планету Земля. Дослідження та освоєння космосу стало невід'ємною частиною життя на нашій планеті. І в цьому є вагомий внесок НАН України, очолюваної Борисом Євгеновичем Патonom.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Галузинская В. С.* Феномен Патона. Портрет в интерьере двух столетий. — К.: Наук. думка, 2010. — 264 с.
2. *Б. Є. Патон: 50 років на чолі Академії.* — К.: Академперіодика, 2012. — 776 с.
3. *Каденюк Л.* Місія — космос. — К.: ВД «ДДЕФ-Україна», 2017. — 516 с.
4. *Космос: технологии, материаловедение, конструкции: Сб. науч. тр. / Под ред. Б. Е. Патона.* — К.: ИЕС им. Е. О. Патона НАН Украины, 2000. — 528 с.
5. *Патон Б. Е.* Наука. Техника. Прогресс. — М.: Наука, 1987. — 414 с.
6. *Писаренко Г. С.* Украинские ученые исследуют космос. — К.: Знание УССР, 1980. — 48 с.
7. *Яцків Я. С.* Б. Є. Патон і моя світова лінія // Світогляд. — 2013. — № 5. — С. 16—20.
8. *Яцків Я. С.* Моє земне тяжіння: У 2 т. — Київ: Академперіодика, 2015. — Т. 2. — 244 с.