

*Світлої пам'яті
першого космонавта України
Леоніда Каденюка*



31 січня 2018 року відійшов (а вірніше, раптово відлетів) у вічність Леонід Костянтинович Каденюк, перший і єдиний космонавт (астронавт) України, Герой України, генерал-майор авіації Збройних Сил України, президент Аерокосмічного товариства України, почесний доктор Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича, радник Прем'єр-міністра України та Голови Державного космічного агентства України, заступник Генерального інспектора Генеральної військової інспекції при Президентіві України з питань авіації і космонавтики, народний депутат України 4-го скликання, Народний Посол України, Почесний громадянин м. Чернівці.

Леонід Каденюк народився 28 січня 1951 року у селі Клішківці Хотинського району Чернівецької області у сім'ї сільських вчителів. 1967 року вступив до Чернігівського вищого військового авіаційного училища льотчиків, де отримав диплом льотчика-інженера за спеціальністю «Пілотування

і експлуатація літальних апаратів» і працював у цьому училищі льотчиком-інструктором. У серпні 1976 року був відібраний до загону космонавтів СРСР, і у 1977 році після навчання у Центрі підготовки льотчиків-випробувачів отримав диплом і кваліфікацію «льотчик-випробувач». У 1977—1979 роках пройшов загальнокосмічну підготовку і отримав кваліфікацію космонавта-випробувача, і потім до 1983 року був космонавтом-випробувачем у групі багаторазової космічної системи «Буран». У 1984—1988 роках — льотчик-випробувач Державного науково-дослідного інституту Військово-повітряних сил СРСР. У 1989 році закінчив літакобудівний факультет Московського авіаційного інституту. У 1988—1996 роках — космонавт-випробувач, льотчик-випробувач багаторазової космічної системи «Буран». Брав участь у відпрацьовуванні глісади зниження при заходженні на посадку космічного корабля «Буран» на літаках МіГ-31 та МіГ-25. У 1990—1992 роках пройшов підготовку як командир транспортного корабля «Союз-ТМ». Брав участь у розробці та випробуванні авіаційно-космічних систем, у їхньому ескізному та макетному проектуванні, а також у льотних випробуваннях систем. За час підготовки до космічних польотів готувався до проведення наукових експериментів на борту космічних літальних апаратів у найрізноманітніших напрямках: біологія, медицина, метрологія, екологія, геологія, астрономія, геоботаніка, дослідження природних ресурсів Землі із космосу.

У 1995 році Леонід Каденюк був відібраний до групи космонавтів Національного космічного агентства України. Пройшов підготовку в НАСА до космічного польоту на ККБВ «Колумбія», місія STS-87, як спеціаліст з корисного навантаження. Цей політ відбувся у період з 19 листопада по 5 грудня 1997 року. Дублером Леоніда Каденюка був Ярослав Пустовий. Готуючись до польоту на космічному кораблі багаторазового

використання (ККБВ) НАСА, наш видатний космонавт із квітня по жовтень 1996 року працював науковим співробітником відділу фітогормонології Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України. А під час польоту й пізніше, а саме від жовтня 1997 р. по червень 2000 р. та у грудні 2010 р., Леонід Каденюк був старшим науковим співробітником Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України.

Відомості про Леоніда Каденюка зі сторінки біографій астронавтів НАСА (<https://www.jsc.nasa.gov/Bios/PS/kadenyuk.html>):

«In 1990, following the Ukrainian-USSR State Agreement on a Collaborative Space Program, he was appointed to command the Ukrainian space crew. In the following two years, he trained to command Soyuz-TM-S during its docking with unmanned Buran and Mir station (mission was canceled due to financial difficulties), completed the full course of space training for a commander of the SOYUZ-TM, and also took the full course of manual docking of space ships, using special training equipment. In subsequent years, he underwent engineering and flight training courses as commander of the Buran Space System. Using MIG-31 and MIG-25 he mastered and improved the trajectory for lowering and landing the Buran spacecraft.

In 1996, he transferred to the Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, as a scientific investigator developing the collaborative Ukrainian-American experiment in space biology.

NASA EXPERIENCE: Colonel Kadenyuk is one of the first NSAU Astronaut group selected in 1996 by the National Space Agency of Ukraine. In November 1996, NSAU and NASA assigned him to be one of two payload specialists for the Collaborative Ukrainian Experiment (CUE) which was flown on STS-87. He participated in payload specialist training at the Johnson Space Center and was the prime payload specialist aboard Space Shuttle Columbia on STS-87, (November 19 to December 5, 1997). STS-87 was the fourth United States Microgravity Payload flight and focused on experiments designed to study how the weightless environment of space affects various physical processes, and on observations of the Sun's outer atmospheric layers. Two members of the crew performed an EVA (spacewalk)

which featured the manual capture of a Spartan satellite, in addition to testing EVA tools and procedures for future Space Station assembly. In completing his first mission Kadenyuk orbited the Earth 252 times, traveled 6.5 million miles and logged a total of 15 days, 16 hours and 34 minutes in space.»

Редакційна колегія журналу «Космічна наука і технологія», поділяючи біль непоправної втрати для української космічної галузі, підготувала матеріали на пам'ять про Леоніда Костянтиновича Каденюка. 5 грудня 2017 року відбулося спільне засідання Ради з космічних досліджень НАН України і Науково-технічної ради Державного космічного агентства України, урочиста частина якого була присвячена 20-річчю з часу завершення польоту Леоніда Каденюка у космос та проведенню спільного українсько-американського експерименту з космічної біології. Пропонуємо Вам ознайомитися з виступами-спогадами про цей політ, які пролунали під час засідання, а саме виступами Едуарда Івановича Кузнєцова, радника Голови Державного космічного агентства України, і Леоніда Костянтиновича Каденюка. Окремо подаємо нарис про Леоніда Каденюка та фотографії з історії проведення науково-технічної програми з космічної біології на шатлі «Колумбія» у 1997 році, підготовлений Єлизаветою Львівною Кордюм, членом-кореспондентом НАН України, завідувачем відділу Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України.

Виступ Е. І. Кузнєцова

Шановні колеги! Шановні друзі!

Дійсно, сьогодні — надзвичайний день, тому що 5 грудня 1997 року ніхто у невеликому містечку Кок-Біч не спав, ніхто не спав на орбіті, всі чекали на успішне приземлення космічного корабля «Колумбія». Ми всі, хто з Космічного агентства, хто з Академії наук, журналісти неймовірно хвилювались. Рано-вранці всі з'їхалися на космодром, на узбіччя посадкової смуги й очікували, коли з'явиться «Колумбія». Ті, хто вели репортаж, казали нам «ось, ось, ось...». Потім пролунав досить потужний рев, що означав перехід корабля від надзвукової швидкості до звичайної, і ми побачили, як «Колум-

бія» зробила невеличкий маневр і успішно, тихесенько так, приземлилася на посадкову смугу, відкрилися парашути, і вона зупинилася. Це означало, що політ завершився благополучно, і все, що відбувалося 16 днів на орбіті, пройшло успішно. Ми очікували зустрічі з Леонідом Костянтинівичем і членами команди, які разом з ним літали. Всі були і стомлені, і раді, і щасливі, що те напруження, яке тривало весь час, спало. Всі ми очікували, коли з'явиться екіпаж з космічного корабля. Зустрілися, обнялися, сфотографувалися...

Космонавтів забрали на медичне обстеження і перевірку речей. Наша невелика делегація з Космічного агентства почала збиратися додому. Юрій Щербак, посол України у Сполучених Штатах Америки, сів у машину їхати в аеропорт і повертатися у Вашингтон. У мене був один резервний день, я взяв собі машину напрокат, щоб провести невелику екскурсію навколо космодрому. Наші вчені залишилися на певний час у США, щоб одразу опрацювати результати експериментів...

Це була надзвичайно цікава робота, яка тривала близько двох років. І ця робота продовжувалася після приземлення космічного корабля, оскільки і космонавти, і вчені на Землі з Інституту ботаніки Національної академії наук та інших установ працювали й отримали важливі результати під науковим керівництвом Єлизавети Львівни Кордюм. Про це написали пізніше Єлизавета Львівна та американський вчений Дейв Чепмен у книзі «Рослини в космосі».

Як це все починалося? Починалося все з таких, на перший погляд, невеличких подій. У 1993—1994 роках в Україну приїздило багато делегацій, зокрема з НАСА, серед них і Даніел Голдін, тодішній керівник НАСА. Зустрічався він з керівником Космічного агентства України Володимиром Павловичем Горбуліним, обговорювали напрями співробітництва, зокрема проведення спільних експериментів на космічних кораблях типу шатлів. Коли ми зрозуміли, що є така зацікавленість, то вирішили просити президентів наших країн під час їхньої зустрічі домовитися і дати старт цьому проекту. У 1994 році Леонід Данилович Кучма і Біл Клінтон підписали угоду про використання фахівця з українського боку в космічних експериментах на космічних кораблях багаторазового використання і

дали завдання Національному космічному агентству і НАСА готувати такий проект. Ми рік готували пропозиції, і вони були прийняті. Коли вони отримали погодження з боку президентів, НАСА і Національного космічного агентства України, підключилася Національна академія наук України для розробки експериментів і їхнього проведення на борту однієї з космічних місій НАСА. Звичайно, фахівці НАСА знали, над чим працюють вчені в нашій Академії наук, але вони обрали космічну біологію, оскільки знали роботи Єлизавети Львівни Кордюм і Інституту ботаніки. Попрацювавши разом, вони обрали десять експериментів для проведення на шатлі. Цей період був насичений організаційними питаннями, погодженням необхідних документів. Мені доручили відповідати за цей проект з боку космічного агентства України, а з боку Академії наук за проект відповідала Єлизавета Львівна Кордюм. Отже, була сформована науково-дослідна програма космічних експериментів.

Наступним етапом був відбір фахівця з українського боку, який би міг полетіти і реалізувати ці експерименти. До мене підходили різні фахівці. Серед них були вже підготовлені космонавти, зокрема космонавт-дослідник Юрій Крикун — журналіст за фахом, який проходив відбір у космонавти ще в радянські часи. Ми пішли іншим шляхом і оголосили конкурс на відбір такого фахівця. У конкурсі брали участь 28 достойних претендентів, і серед них був Леонід Костянтинівич Каденюк.

Ще одна програма, яку вирішили включити, це була освітня програма. Її запропонували американські колеги, і ми дослухалися до цієї ініціативи. Вона виявилася досить цікавою для школярів. До неї з українського боку залучилися установи Міністерства освіти і науки та Мала академія наук. Разом близько 20 тисяч школярів із України і приблизно така ж кількість школярів у США брали в ній участь... Вчора, 4 грудня, ми разом із Леонідом Костянтинівичем проводили зустріч в Національному екологічному центрі в Києві, яка була присвячена реалізації цієї освітньої програми. На зустрічі були присутні близько ста учнів, але найголовніше, що ми побачили, що наші зусилля 20-річної давнини не пропали даремно. Нам вдалося знайти людей, які тоді були школярами і брали безпосередню участь в освітній програмі, і ця участь відбилася у їхній по-



Леонід Каденюк — астронавт космічної місії STS-87. 1997 р.



Екіпаж космічної місії STS-87, 19 листопада — 5 грудня 1997 р.



Леонід Каденюк під час спільного українсько-американського експерименту з космічної біології на ККБВ «Колумбія», 19 листопада — 5 грудня 1997 р.



Анатолій Арцебарський, Віталій Жолобов, Павло Попович, Леонід Каденюк під час зустрічі в Українському центрі в Москві, 1999 р.



Олег Петров і Леонід Каденюк у Національному музеї Тараса Шевченка в Каневі під час дарування «Кобзаря», що побував у космосі. 22 травня 2014 р.

дальшій долі, їхній профорієнтації, формуванні світогляду як майбутнього вченого-біолога. Зокрема на цій зустрічі були Денис Іванович Білик, нині кандидат біологічних наук, доцент Національного університету «Києво-Могилянська академія», старший науковий співробітник лабораторії діагностики біологічних систем; Леонід Горобець, асистент кафедри екології та зоології Інституту біології і медицини Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Олександр Баранський, кандидат біологічних наук, керівник Астрономічної обсерваторії учнівської молоді Малої академії наук, старший науковий співробітник Національного ботанічного саду НАН України. Це тільки декілька людей, яких ми віднайшли і які були присутні на цьому заході. Але ці приклади демонструють велику роль проведення освітніх програм під час космічних місій.

Підготовка першого космонавта України відбувалася в перші роки незалежності нашої країни. Ми не мали досвіду, по-перше, проведення таких міжнародних проєктів, по-друге, ми вперше співпрацювали з НАСА, по-третє, ми вперше готували космонавта для виконання завдань, які поставила Академія наук України. Нам вдалося все виконати, і цей проєкт — політ Леоніда Каденюка і виконання спільного українсько-американського експерименту — залишається найбільш цікавим і вдалим із реалізованих за всі 25 років космічних досліджень в незалежній Україні. Я відмічаю це, бо він виконувався у 1990-х роках, вже потім були і «Морський старт», і наземні старти та ін.

У ході підготовки до польоту ми провели роботу, щоб ця подія відзначилася в історії України. Ми знарядили Леоніда Костянтиновича певними атрибутами нашої держави — Конституцією, гербом, записом гімну, прапором. Крім того, з ним були герб Києва, портрет Миколи Кузьмича Янгеля, «Кобзар» Тараса Шевченка. Всі ці речі потім були передані в музеї із сертифікатами, що всі ці предмети побували у космосі. Ми вперше провели зв'язок космонавта на шатлі з Президентом України та з учнями, які брали участь в освітній програмі.

Я хочу відмітити, що ми ще тоді, в 1990-х роках, планували запуснути супутник зв'язку «Либідь», і тоді ж ми заснували телерадіокомпанію «Либідь», яка повинна була висвітлювати підготовку і політ

Леоніда Каденюка. Тут, на нашому засіданні, присутні директор цієї компанії Белявенко та продюсер Валерія Іваненко, яку запросили тоді вести репортаж. Якщо ви чули той репортаж, то тоне-сенький голос за кадром належить саме їй.

Тобто, у нас був комплексний підхід до підготовки польоту. Ми зокрема підготували й спеціальні годинники, яких ще не було, — вони з емблематикою цього польоту. Зараз я вам продемонструю один із тих, які побували у космосі і який я зберіг. Ці годинники дали старт роботі Київського годинникового заводу, який зараз успішно працює.

Були й проблеми організаційного характеру, оскільки проєкт проводився вперше. Зокрема й привезти космонавта зі Сполучених Штатів Америки. Коштів не було, але були люди, які розуміли наші проблеми. Зокрема серед них був тодішній заступник директора однієї з авіаційних компаній Арон Майберг, з яким я домовився, щоб безкоштовно прилетіли в Київ і Леонід Костянтинович із родиною, і його дублер Ярослав Пустовий. В організації зустрічі в Києві допоміг Володимир Павлович Горбулін, який на той час працював уже в Адміністрації Президента України. Зустрічали й урядовці з Космічного агентства і мер Києва Олександр Омельченко. Найголовніше, що на зустріч приїхала мама Леоніда Костянтиновича, і ми нашого першого космонавта гідно зустріли.

На жаль, обставини складаються так, що космічна галузь України на даний час має багато проблем, насамперед фінансування. Цього року Космічне агентство очолив спеціаліст із Державного конструкторського бюро «Південне», — Десяренко Павло Глібович. Йому вдалося вирішити окремі питання фінансування на наступний період, і я сподіваюся, що справи космічної галузі будуть децю підправлені. Нагадаю, що останні 10 років ми фінансувалися менш ніж на 25 %, а в таких умовах надзвичайно важко працювати.

Сьогодні у нас свято, вітаю всіх із цією знаменною подією в історії космічних досліджень в Україні!

Виступ Л. К. Каденюка

Шановні друзі!

Розмова про космос — досить різномемна. Якщо говорити про мій космічний політ, то тут можна



Спільне засідання Ради з космічних досліджень НАН України і Науково-технічної ради ДКА України, присвячене 20-річчю польоту Леоніда Каденюка у космос. Київ, 5 грудня 2017 р. На фото: Леонід Каденюк під час виступу; академік НАН України Я. С. Яцків вручає Почесну грамоту Президії НАН України і ЦК профспілки працівників НАН України; радник Голови ДКА України Е. І. Кузнецов вручає Подяку ДКА України професору В. Я. Березовському; генеральний директор телекомпанії «Міжнародний Слов'янський Канал» Валерія Іваненко і Леонід Каденюк



Леонід Каденюк під час урочистостей з нагоди 20-річчя його польоту у космос: у Чернігівському історичному музеї імені В. В. Тарновського, 15 грудня 2017 р.; у Національному університеті «Львівська політехніка», 27 грудня 2017 р.

пригадати і мій відбір у космонавти ще в радянські часи, і досить потужну підготовку (у порівнянні з американською системою), бо нас готували як космонавтів-універсалів, які повинні знати все. Ми вивчали біологію й медицину, астрономію й астрофізику, геологію й екологію, — все це було. Я за характером такий, що мені все цікаво, тому із задоволенням вивчав всі ці науки. Отже, певним чином ще під час підготовки у загін космонавтів у Зоряному містечку я вже був готовий проводити біологічні експерименти у космосі. Начальником першого управління, яке займалося підготовкою космонавтів, був Володимир Джанібеков. Перед моїм приїздом у Київ він передав мені відповідні документи, де було засвідчено мою підготовку з біології. У Києві розпочалася моя наукова підготовка до польоту...

Сьогодні, 5 грудня 2018 року, минуло рівно двадцять років, як відбулася посадка космічного корабля багаторазового використання «Колумбія», на якому я здійснював політ. Трапилося це о 6 годині 30 хв ранку за місцевим часом штату Флорида або о 13 год 30 хв за київським часом. Я, сидячи у кріслі перед цим виступом, просто пригадав ті відчуття, які мене супроводжували під час повернення на Землю. А саме, перехід від невагомості до гравітації. Вони дуже цікаві, ці відчуття. Для мене вони були надзвичайним відкриттям. Кожен організм має свою індивідуальність, і мій також. Але під час цього короткого у долі секунди відрізка часу переходу організму від невагомості до гравітації у мене було таке відчуття, наче я звільнився від невагомості, як від якогось тягаря на плечах. Це відчуття мене дуже здивувало. Відразу я почав сприймати дійсність набагато чіткіше, ніж там, перебуваючи у стані невагомості. У свідомості людини є така модель простору, яка побудована в земних умовах як зоровим аналізатором, так і гравітаційною вертикаллю, гравірецепторами. Ми народжуємося такими, навіть не знаючи про це. Так ось, коли я повертався з космосу, де під час польоту ця земна модель вертикальної гравітації була відсутня, я відчув, як підключилися гравірецептори і знову запрацювали. Я написав книгу «Місія Космос», де намагався це описати. Можна привести тут аналогію з налаштуванням різкості зображення у біноклі, — так і в мене після переходу з невагомості у гравітацію сприйняття дійсності

стало чіткішим. Я почав відчувати рухи корабля «Колумбія», початок і закінчення розворотів, коли він увійшов у атмосферу... Серед космонавтів є такі, які втрачають повністю цю модель простору, коли вони перебувають у стані невагомості: вони сприймають низ там, куди спрямовані ноги, а верх там, куди спрямована голова, незалежно від того, як орієнтований космічний корабель. Я старався підтримувати у собі цю орієнтацію тим, що відмічав для себе підлогу космічного корабля як початок відліку моделі простору. Але коли я дивився в ілюмінатор і бачив поверхню Землі, то моя свідомість моментально переключалася, і початком відліку одразу ж визначала поверхню Землі. Коли ж повертався зором у корабель, то підлога миттєво ставала початком відліку моделі простору. Можливо, це притаманно лише моїй психіці сприйняття невагомості.

Під час польоту я вирішив не обмежуватися поставленим українсько-американським біологічним експериментом і додатково проводив дослідження ще на дві теми: фізика стану невагомості і вплив невагомості на мене як на людський організм, для чого проводив певні вправи.

Уже в польоті я переконався, що людина, яка летить у космос, повинна володіти великими знаннями у найрізноманітніших областях науки. Тим більше від нього буде користі як від космонавта, і тим цікавіше буде йому самому. Для мене космічний простір на початку був наче величезна порожнеча без кордонів. Потім я переконався, що він переповнений інформацією і ставить перед людством питання, на які потрібно знаходити відповіді тут, на нашій планеті. Серед них виникають і філософські питання, зокрема коли дивишся на Землю з космосу і розумієш, яка вона красива, то виникає думка, що на ній повинно бути і життя красивим. Але коли згадуєш, як ми живемо, то усвідомлюєш, яким недосконалим є наше суспільство і як ми неправильно живемо.

Я хотів би пригадати той час, коли я був відібраний для польоту і прилетів до США. Вчив до цього активно англійську мову, бо у школі та у вузі вивчав французьку. Я закінчив, окрім Чернігівського вищого льотного училища, ще й Московський авіаційний інститут, Центр підготовки льотчиків-випробувачів, Центр підготовки космонавтів. Тоб-

то, у мене чотири універсальні дипломи. Хотів би пригадати тих людей, які супроводжували мене там, у Сполучених Штатах Америки, від самого початку. Тут у залі присутній професор Вадим Якимович Березовський, — я пригадую ті часи, коли Ви «возилися» зі мною і з Ярославом Пустовим, і з В'ячеславом Мейтарчаном, виводили до лікарів, сліdkували, як ми проходимо всі ті тести. Це незабутній час для мене, і я Вам щиро дякую. Для мене було великою честю стати учнем самої Єлизавети Львівни Кордюм, бо у Зоряному містечку нас, молодих космонавтів, готували за тими експериментами, які вона проводила з самого початку досліджень космосу. А космічна біологія є тут пріоритетною. Я вдячний Вікторові Приймі, який також у залі, за підготовку експериментів. Я спостерігав за роботою українських і американських вчених, бачив, наскільки вони з повагою ставилися один до одного. Звичайно, інколи, як це буває у творчих людей, виникали спірні робочі питання, які вирішувала Єлизавета Львівна, яка була для них незаперечним авторитетом. А я себе відчував ланкою, що об'єднує ці дві групи учених. Саме виконання експериментів для мене було дуже цікавим, особливо з дослідження впливу невагомості на процеси фотосинтезу та на розвиток рослин. Рослини рапсу мають надзвичайно стрімкий розвиток, — я переконався в цьому особисто, яким бурхливим був її розвиток в невагомості. Тут присутні вчені, які знають краще за мене про вплив невагомості на клітинному і молекулярному рівнях, тому я не буду вдаватися в деталі цієї проблеми.

Хотів би всім, хто брав участь у експерименті, подякувати. Тут присутня Валерія Іваненко, яка провела цікавий репортаж, в якому розповіла не тільки про мене, але й про кожного члена екіпажу, про експерименти, які ми повинні були проводити. Був такий епізод. Коли корабель відірвався від землі, Валерія Іваненко сказала: «Вітаю маму Леоніда Каденюка». А я подумав, що рано вітати до орбіти, ще двигуни працюють, і є небезпека вибуху корабля. Космічний корабель «Space Shuttle» (так само, як і «Буран») — на 90 % складається з палива — стартова вага близько 2000 тонн. У цьому паливному баку 1.7 мільйонів літрів рідкого водню і близько 700 тисяч літрів рідкого кисню. Крім цього, є ще два твердопаливні прискорювачі, тому

стартує фактично порохова бочка. Буває всяке, я не буду про це згадувати...

Хочу ще раз привітати всіх з цією історичною подією. Це було свято для всієї України та українців всього світу. Я хочу ще раз нагадати, що на космічному кораблі пролунав гімн України, там побував наш тисячолітній тризуб, і «Кобзар» Тараса Шевченка. До речі, наскільки мені відомо, це була перша друкована книга, яка побувала в космосі. Колись американські астронавти брали Коран, але він був не в друкованому варіанті, а на металевій пластинці.

Ще раз вітаю всіх зі святом, воно наше спільне!

Нарис від Н. І. Адамчук-Чалой

Космічна фітобіологія сьогодні є провідним напрямком сучасної біології як у галузі вирішення фундаментальних проблем гравічутливості рослин, клітинних і молекулярних механізмів адаптації рослин до умов мікрогравітації, так і у створенні контрольованих біологічних систем життєзабезпечення людини у пілотованих польотах і розробки космічних біотехнологій.

На початку 1970-х рр. в Інституті мікробіології і вірусології Академії наук УРСР була розроблена теоретична база космічних біологічних експериментів з організмами, які під час польоту мають перебувати в активному фізіологічному стані. З того часу актуальним стає вивчення життєдіяльності організмів при їхньому тривалому перебуванні поза межами Землі, з'ясування механізмів адаптації до умов космічного польоту.

Дослідження структурно-функціональних змін фотосинтетичного апарату *B. gara* в умовах мікрогравітації були проведені з участю Л. К. Каденюка в рамках спільного українсько-американського експерименту на ККБВ STS-87 під керівництвом члена-кореспондента НАН України Є. Л. Кордюм (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України) і професора Джеймса Гайкеми (США). Завдяки вперше проведеному комплексному аналізу формування фотосинтетичного апарату рослин «*Astroplant*» (*Brassica gara*), вирощених із насіння на борту космічного корабля «Columbia» місії STS 87 (19 листопада — 05 грудня 1997 р.), визначено, що рослина пристосовується до умов мікрогравітації

більш широким спектром змін на клітинному, субклітинному і молекулярному рівнях регуляції і взаємозв'язку адаптаційних механізмів рослин до дії зміни сили тяжіння, ніж в умовах клиностатування. Вперше показано, що в умовах клиностатування прискорюється процес диференціації клітин мезофілу, збільшується кількість хлоропластів в них, розширюється площа міжклітинного простору, відбувається редукція частини гран з меншою кількістю подовжених тилакоїдів, збільшується парціальний об'єм тилакоїдів стромы та експонованих у строму нестикованих ділянок тилакоїдів гран, крохмалю і пластоглобул, зростає вміст каротиноїдів у листках рослин.

Нарис-спогад від Є. Л. Кордюм

Протягом першої зустрічі з майбутнім космонавтом Леонідом Каденюком у 1996 р. я була сильно вражена його бажанням не лише ознайомитися із завданнями експерименту, але й з науковою базою, досягненнями та ідеями в біології, на яких ґрунтується експеримент. Слід нагадати, що український космонавт-дослідник мав виконувати всю серію експериментів з космічної біології, яка дістала назву Спільний Українсько-американський експеримент, СУАЕ (Collaborative Ukrainian Experiment, CUE) з метою досліджень впливу мікрогравітації на ріст і розвиток рослин, що була рекомендована на основі даних експертизи НАСА досягнень в галузі космічної біології рослин в Національній академії наук України та підготовлених спільних пропозицій ученими України та США. В експерименті брали участь шість установ Національної академії наук України — ботаніки, фізіології рослин і генетики, молекулярної біології та генетики, екології Карпат, мікробіології та вірусології, Національний ботанічний сад, з боку США — п'ять університетів штатів Канзас, Північна Кароліна, Огайо, Луїзіана, Кентуккі та Космічний центр ім. Дж. Кеннеді.

Леонід Каденюк прослухав цикл лекцій, організованих для нього в інститутах НАН України. Після цього почалися практичні заняття, метою яких було навчити Л. Каденюка визначати стан приймочки, наявність на ній секрету для проведення запилення, збирати пилок, легко визначати його достатню кількість на приймочці. Ці практичні

заняття продовжувалися в 1997 р. в університетах США та в космічному центрі ім. Кеннеді. У США Леонід Каденюк цілком оволодів навичками роботи з установками для вирощування рослин, маніпуляції з ними, а також пристроями для хімічної фіксації та заморожування зразків. Я згадую, як Леонід телефонував мені декілька разів із США, щоб точніше визначити деякі деталі процесу запилення квіток, оскільки він хвилювався, що після запилення, яке він проводив, кількість зав'язей не досягала 100 %. В результаті глибокого та досконалого знайомства з теорією та практикою біології рослин Леонід Каденюк блискуче виконав всі завдання на орбіті за протоколом експерименту, завдяки чому вчені одержали бездоганний матеріал для наступних досліджень в лабораторіях України та США. Одержано принципово нову наукову інформацію та оригінальні концепції й гіпотези, розроблення яких стало значним внеском у космічну біологію та позначилося на її подальшому розвитку.

Леонід Каденюк, перебуваючи на орбіті, під час відеомосту також спілкувався з учнями України та США. У космічному центрі ім. Кеннеді ми мали можливість слухати це спілкування та із задоволенням і хвилюванням відзначали не лише його змістовні відповіді школярам, але й гарну англійську мову. Після повернення до Києва Л. Каденюк систематично брав участь у зібраннях, присвячених СУАЕ. Мої теплі зустрічі з Л. Каденюком продовжувалися, і я завжди відчувала його дружнє відношення до мене та інтерес до справ у космічній біології.

Свої враження від професійної діяльності космонавта-дослідника та перебування в безмежному космічному просторі Леонід Каденюк висвітлив у трьох книгах, які є незабутніми спогадами про першого космонавта Української держави, світлої та надійної людини.

З глибоким сумом ми всі сприйняли звістку про передчасну смерть Леоніда Костянтинівича Каденюка, Героя України, першого космонавта України, гордість України, справжнього професіонала, людину честі, патріота, який вперше доставив на навколоземну орбіту «Кобзар» Шевченка. «Космічний політ справляє надзвичайно багато вражень. Але основне — це те, що все побачене, від-

чуте й пережите в Космосі змушує по-особливому сприймати життя на Землі. Адже там, у Космосі, коли космічний корабель облітає Землю всього за 90 хвилин, вона здається дуже маленькою і незахищеною, а атмосфера, фізичні властивості якої уможливають людське існування на Землі, — то надто тоненький прошарок навколо неї. Коли дивилися на Землю з Космосу — постає бажання дбати про неї, берегти її природу» — розповідав Леонід Каденюк про свій незабутній політ...

Ще 5 грудня 2017 року ми радо вітали Леоніда Костянтиновича на спільному засіданні Ради з космічних досліджень Національної академії наук України і Науково-технічної ради Державного космічного агентства України, де він і наші колеги згадували про українсько-американський науковий експеримент з космічної біології з вирощування рослин, який 20 років тому Леонід Костянтинович успішно провів на борту космічного корабля багаторазового використання «Колумбія». Завдяки його відповідальній роботі на орбіті вчені отримали принципово нову наукову інформацію, розробили на її основі оригінальні концепції, які стали вагомим внеском у світову космічну біологію та свідченням непересічності особистості нашого космонавта. Леонід Костянтинович приділяв багато часу роботі з молоддю, сприяв створенню Музею космонавтики в Чернівцях, на своїй Батьківщині...

Україна зазнала непоправної втрати. Висловлюємо щире співчуття родині Леоніда Костянтиновича, колегам і друзям.

Редакційна колегія
журналу «Космічна наука і технологія»

REFERENCES

as concerns with the Collaborative Ukrainian Experiments

Journal Articles:

Nedukha O.M., Leach J.E., Ryba-White M., Hilaire E., Guikema J., and Kordyum E.L. Effects of microgravity on the susceptibility of soybean to *Phytophthora sojae*. *Journal of Gravitational Physiology* 5(1):143–144 (1998).

Adamchuk N.I., Mikhaylenko N.F., Zolotareva E.K., Hilaire E., and Guikema J.A. Spaceflight effects on structural and some biochemical parameters of *Brassica rapa* photosynthetic apparatus. *Journal of Gravitational Physiology* 6(1):95–96 (1999).

Jiao, S., Hilaire E., Paulsen A.Q., and Guikema J.A. Ultrastructural observation of altered chloroplast morphology in space-grown *Brassica rapa* cotyledons. *Journal of Gravitational Physiology* 6(1):93–94 (1999).

Kordyum E.L., Martin G.I., Zaslavsky V.A., Jiao S., Hilaire E., and Guikema J.A. DNA content and differentiation of root apical cells of *Brassica rapa* plants grown in microgravity. *Journal of Gravitational Physiology* 6(1):119–120 (1999).

Nedukha O., Leach J., Kordyum E., Ryba-White M., Hilaire E., Guikema J., and Piastuch W. Root meristem ultrastructure of soybean seedlings infected with a pathogenic fungus in microgravity. *Journal of Gravitational Physiology* 6(1):125.126 (1999).

Volovik O.I., Kordyum E.L., and Guikema J.A. Some characteristics of photosynthetic apparatus under conditions of spaceflight. *Journal of Gravitational Physiology* 6:27–128 (1999).

Kuang A., Xiao Y., McClure G., and Musgrave M. E. Influence of microgravity on ultrastructure and storage reserves in seeds of *Brassica rapa* L. *Annals of Botany* 85(6): 851–859 (2000).

Kuang A., Popova A., Xiao Y., and Musgrave M. E. Pollination and embryo development in *Brassica rapa* L. in microgravity. *International Journal of Plant Science* 161(2):203–211 (2000).

Leach J.E., Ryba-White M., Sun Q., Wu C.J., Hilaire E., Gartner C., Nedukha O., Kordyum E., Keck M., Leung H., and Guikema J.A. Plants, plant pathogens, and microgravity—a deadly trio. *Gravitational and Space Biology Bulletin*. 14(2):15–23 (2001).

Kuang A., Popova A., McClure A. G., and Musgrave M. E. Dynamics of storage reserve deposition during *Brassica rapa* L. pollen and seed development in microgravity. *International Journal of Plant Science* 166(1):85–96 (2005).

Levine H.G., Sharek J.A., Johnson K.M., Stryjewski E.C., Prima V., Martynenko O., and Piastuch W.C. Growth protocols for etiolated soybeans germinated within BRIC-60 canisters under spaceflight conditions. *Advances in Space Research* 26(2): 311–314 (2000).

Musgrave M. E. Realizing the potential of rapid-cycling *Brassica* as a model system for use in plant biology research. *Journal of Plant Growth Regulation* 19:314–325 (2000).

Kuznetsov O.A., Brown C.S., Levine H.G., Piastuch W.C., Sanwo M.M., and Hasenstein K.H. Composition and physical properties of starch in microgravity-grown plants. *Advances in Space Research* 28(4):651–658 (2001).

Musgrave, ME, Kuang, A. Reproduction during spaceflight by plants in the family Brassicaceae. *Journal of Gravitational Physiology* 8(1):29–32 (2001).

Ryba-White M., Nedukha O., Hilaire E., Guikema J.A., Kordyum E., and Leach J.E. Growth in microgravity increases susceptibility of soybean to a fungal pathogen. *Plant Cell Physiology* 42(6):657–64 (2001). Includes journal cover photo: <http://pcp.oxfordjournals.org/content/vol42/issue6/index.dtl>

Stout S.C., Porterfield D. M., Briarty L. G., Kuang and A., Musgrave M. E. Evidence of rootzone hypoxia in *Brassica*

rapa L. grown in microgravity. *International Journal of Plant Science* **162**:249–255 (2001).

Musgrave M.E. Seeds in Space. *Seed Science Research* **12**:1–16 (2002).

Levine L.H., Levine H.G., Stryjewski E.C., Prima V. and Piastuch W.C. Effect of Microgravity on isoflavonoid metabolism in etiolated soybean seedlings. *J. Gravitational Physiology* **8**(2):21–28 (2002).

Adamchuk N.I., Guikema J.A., Jialo S., and Hilaire E. State of Brassica rapa photosynthetic membranes in microgravity. *Journal of Gravitational Physiology* **9**(1): 229–230 (2002).

Kochubey S.M., Adamchuk N.I., Kordyum E.L., Guikema J.A. Microgravity affects the photosynthetic apparatus of Brassica rapa L. *Plant Biosystems* **38** (1), 1–9 (2003).

Jiao S., Hilaire E., Paulsen A.Q., and Guikema J. A. Brassica rapa plants adapted to microgravity with reduced photosystem I and its photochemical activity. *Physiologia Plantarum* **122**(2):281–290 (2004).

Levine H.G. and Piastuch W.C. Growth patterns for etiolated soybeans germinated under spaceflight conditions. *Advances in Space Research* **36**(7):1237–1243 (2005).

Adamchuk N.I., Povchan M.F. Influence of clinorotation on the mesophyll and Rubisco. *Acta fytotechnica et zootechnica*, **2**, 54–56 (2007).

Адамчук-Чала Н.І., Яценко В.О., Гніденко В.В., Пашенковська І.С. Рослини в космосі: виміри, моделювання та експерименти. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки*, Вип. 3, 71–75 (2014).

Яценко В.О., Петрович В.П., Адамчук Н.І., Требіна Н.М. Програмне забезпечення для аналізу та оцінювання хлорофілу в рослинності. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Фізико-математичні науки*. №4(16), 71–75 (2016).

Proceedings and Other Publications:

Adamchuk N.I., Guikema J.A., Jialo S.H. State of Brassica rapa photosynthetic membranes in microgravity. In: Life in Space for Life on Earth, 8th European Symposium on Life Sciences Research in Space (2–7 June 2002, Stockholm): Proceedings, P. 311–312 (2002).

Dreschel, T. W., P. H. Williams, V. I. Nazarenko, and P. V. Chetirkin. 1997. The Collaborative Ukrainian Experiment (CUE): Opportunities for Collaboration in Science Education and Research. Proceedings 34th Annual Space Congress, Session IID, Paper #6.

Dreschel, T. W., P. H. Williams, V. I. Nazarenko, and P. V. Chetirkin. 1998. A Report on the Collaborative Ukrainian Experiment-Teachers and Students Investigating Plants in Space. Proceedings 35th Annual Space Congress, Session IIID, Paper #4.

Dreschel, T. W. 1999. Science Communication for the Life Sciences at Kennedy Space Center. Proceedings 36th Annual Space Congress, Session IID, Paper #1.

Dreschel, T. W., P.V. Chetirkin, S. Behel, and V. Nazarenko. 2001. Collaborative Ukrainian Experiment-Science and Technology Exchange for Students (CUE-STEPS). Proceedings 38th Annual Space Congress, Session IIC, Paper #3.

Dreschel, T. W., L. A. Lichtenberger, P. V. Chetirkin, L. C. Garner, and J. R. Barfus and V. I. Nazarenko. 2005. International Space Education Outreach: Taking Exploration to the Global Classroom. Paper number 05ICES-62, The International Conference on Environmental Systems, Rome, Italy, July 2005.

Book and Book Chapters:

Musgrave, M. E. and Kuang A. 2003. Plant Reproductive Development during Spaceflight. In: H-J. Marthy (ed.), Advances in Space Biology and Medicine. Vol. 9:1–23. Elsevier.

Kordyum E., Chapman D. Plants in space. Kyiv: Akademperiodyka, 214 p. (2007)

Abstracts:

Адамчук Н.І. Влияние горизонтального клиноста-тирования на структурно-функциональную организацию фотосинтетического аппарата высших растений. *Космическая биология и авиакосмическая медицина. XI Междуна-р. конф.* (22–26 июня 1998 г, Москва): Тезисы докл. Москва, Российская Федерация, т. 1., 13–15 (1998).

Адамчук Н.І. Структурно-функціональні особливості фотосинтетичного апарату рослин при зміні сили тяжіння. Абстракти в «Людина і космос», *Всеукраїнська моло-діжна науково-практична конференція* (19–23 травня, 1999 р., Дніпропетровськ), Дніпропетровськ, С. 209 (1999).

Адамчук Н.І., Джиало С., Хіларі Є., Гайкема Дж. Адаптаційні перебудови фотомембран листків паростків Brassica rapa, що зростали в умовах мікрогравітації. *XI з'їзд Українського ботанічного товариства* (вересень 2001 р., Харків): Тези доп., С. 4–5 (2001).

Adamchuk N.I. Structural and functional organization of mesophyll cells of Brassica rapa plants grown in microgravity. *Abstract in: Gravitational and space biology bulletin*, v. 12, N1, oct. 1998, P. 46.

Adamchuk N.I. Structural organization of plant leaves an mesophyll cells in B. rapa. B-PAC experiment. *Science Milestones*, N3, P. 5 (1998).

Adamchuk N.I., Kordyum E.L. Structure of photosynthetic apparatus in higher plants in microgravity. *Photosynthesis and Crop Production, International conference* (7–11 October 2002, Kyiv): Abstracts, Kyiv, P. 113 (2002).

Billings, L., T. Dreschel, M. Montrose, and P. Williams. 1996. “Fast Plants” in Space and in School: NASA Educational Activity for the U.S.-Ukraine Mission. *Abstract #96-LS-15, The 1996 AIAA Life Sciences and Space Medicine Conf. Book of Abstracts*, pp 30–31.

Dreschel, T.W., P.V. Chetirkin, S. Behel, and V.I. Nazarenko. 2001. Collaborative Ukrainian Experiment-Science and

Technology Exchange Program for Students (CUE-STEPS). *Abstract to The 38th Annual Space Congress*, May, 2001.

Dreschel, T.W., P.V. Chetirkin, L.C. Garner, and V.I. Nazarenko. 2005. International Space Education Outreach: Taking Exploration to the Global Classroom. *Abstract at The 35th International Conf. on Environmental Systems (ICES) and the 8th European Symposium on Space Environmental Control Systems (ESSECS)*, Rome, Italy.

Kuang, A., A. Popova, Y. Xiao, and M.E. Musgrave. 1998. Pollination and embryo development in *Brassica rapa* on STS-87. *Gravitational and Space Biology Bulletin* 12:77.

Kuang, A., Y. Xiao, and M. E. Musgrave. 1998. Reproduction on orbit by plants in the family Brassicaceae. *COSPAR*

Abstracts, July 12–19, Nagoya, Japan. p. 380.

Kuang, A, and Musgrave, M.E. 2000. Changes in cotyledon cell ultrastructure during *Brassica rapa* seed development in microgravity. *Gravitational and Space Biology Bulletin* 14:34.

Porterfield, D.M., O. Monje, G.W. Stutte, and M.E. Musgrave. 2000. Rootzone hypoxic responses result from inhibition of gravity dependent oxygen transport in microgravity. *Gravitational and Space Biology Bulletin* 14:50.

Williams, P.H., C. M. Williams, C. M. Roden, T. Dreschel, and M. E. Musgrave. 1996. CUE-TSIPS, Cooperative Ukrainian Experiment - Teachers and Students Investigating Plants in Space. *Gravitational and Space Biology Bulletin* 10(1): 13 (abstr.)