

**Б.В.Гриньов<sup>1</sup>, М.П. Тітов<sup>2</sup>, П.О. Стадник<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Державний фонд фундаментальних досліджень України,б-р Т. Шевченка, 16, Київ, 01601, Україна,  
+380 44 287 8221, office@dffd.gov.ua<sup>2</sup>Комісаріат атомної енергії Франції,  
91191 Gif-sur-yvette cedex,  
+33 1 64 50 1000, maxim.titov@cea.fr<sup>3</sup>Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України,  
просп. Науки, 60, Харків, 61072, Україна,  
+380 57 341 0110, stadnik@isma.kharkov.ua

## УКРАЇНА – CERN: ШЛЯХ ДО СПІВПРАЦІ



**Вступ.** CERN (ЦЕРН) — це Європейська організація з ядерних досліджень, найбільша в світі лабораторія фізики високих енергій, яка формує творчі відносини між вченими різних країн.

**Проблематика.** Розвиток міжнародного наукового співробітництва, зокрема створення умов для розширення участі українських учених у проведенні найкрупніших фізичних експериментів з ядерної фізики, отримання нових знань і впливу цих явищ на інноваційні процеси в Україні.

**Мета.** Аналіз факторів, що сприяють розвитку співпраці між українськими вченими і CERN та окреслення перспектив на майбутнє.

**Матеріали й методи.** Аналіз наукової діяльності CERN в міжнародному співробітництві та огляд міжнародних наукових проектів CERN в галузі фізики високих енергій.

**Результати.** Проаналізовано шлях співробітництва з Україною від самого початку створення CERN до підписання угоди про асоційоване членство України в CERN. Наведено приклади позитивного впливу співпраці з CERN на інноваційні процеси в Україні, зокрема в галузі розробки і виробництва нових високотехнологічних матеріалів, без яких важко уявити реалізацію сучасних експериментів з фізики високих енергій. Асоційоване членство дало змогу українським вченим набагато активніше брати участь у вивченні глобальних фізичних явищ всесвіту в найсучаснішій експериментальній лабораторії, а інженерам і технікам — освоювати найпередовіші інноваційні технології, зокрема інформаційні та медичні. Окреслено перспективи подальшої співпраці.

**Висновки.** Співробітництво з CERN дає змогу Україні скористатися у своєму розвитку можливостями проголошеної місії CERN, одним із основних завдань якої є об'єднання людей різних країн і культур через науку. Викладачам, студентам та учням України відкрилися нові можливості роботи з новітніми методами, сучасним обладнанням та інноваційними підходами у справі підготовки висококваліфікованих фахівців з фізики та супутніх галузей науки і техніки.

*Ключові слова:* дослідження, фізика високих енергій, співробітництво.

CERN (ЦЕРН) — це Європейська організація з ядерних досліджень, найбільша в світі лабораторія фізики високих енергій. Територіально знаходиться вона на межі Швейцарії та Франції, поблизу Женеви. Ініціаторами створення загальноєвропейської організації для фізичних експериментальних досліджень були

видатні вчені першої половини ХХ століття, зокрема П'єр Оже, Нільс Бор, Луї де Бройль та інші. В основу їхнього задуму було покладено ідею щодо міжнародного співробітництва в галузі мирного використання атома. У Лозанні (Швейцарія) на Європейській культурній конференції у грудні 1949 р. Луї де Бройль офіційно запропонував створити європейську лабораторію для фізичних експерименталь-

них досліджень, в якій можна б було виконувати роботи таких масштабів, які не під силу реалізувати в одній, окремо взятій країні. У червні наступного року американський лауреат Нобелівської премії Ісідор Рабі на 5-ій Генеральній конференції ЮНЕСКО (Флоренція, Італія) вніс таку резолюцію: «Уповноважити ЮНЕСКО підтримувати створення регіональних науково-дослідних лабораторій для зміцнення міжнародного наукового співробітництва». Як результат численних зусиль провідних вчених, на міжурядовій зустрічі ЮНЕСКО в Парижі, у грудні 1951 р. було прийнято рішення щодо створення Європейської ради з ядерних досліджень, а вже через два місяці 11 країн Європи підписали угоду про створення тимчасової Ради і тоді вперше з'явилась аббревіатура назви цієї Ради французькою мовою — CERN. На третій сесії CERN, у жовтні 1952 р., місцем розташування майбутньої лабораторії було обрано Женеву (Швейцарія). У червні 1953 р. у кантоні Женева було проведено референдум, на якому понад 60 % учасників голосування погодились на розміщення наукового центру на своїй території. Угоду про створення центру було складено у липні 1953 р. і поступово її ратифікували 12 європейських держав. У вересні 1954 р. було утворено новий керівний орган — Раду Європейської організації з ядерних досліджень, натомість тимчасову Європейську раду, сформовану в 1952 р., було скасовано, але аббревіатура CERN збереглася і «прижилася» в новій організації. Дата створення Ради CERN — 29 вересня 1954 р. і вважається днем народження CERN. Поступово до організації приєднувалися інші європейські країни, зокрема, після розпаду Радянського Союзу, учасниками стали країни Східної Європи. У 2010 році у конституцію CERN було внесено зміни, за якими до організації могли приєднуватися і не європейські держави. Тоді в 2014 р. до CERN приєдналась перша неєвропейська країна — Ізраїль. На сьогодні членами організації є 22 країни, 7 держав мають статус асоційованого члена

і ще низка держав і міжнародних організацій мають статус спостерігачів при CERN, що дає їм право приймати активну участь у засіданнях Ради CERN та у проведенні досліджень. Зокрема, серед інших країн, спостерігачами зареєстровані Японія, США, Росія, ЮНЕСКО, Об'єднаний інститут ядерних досліджень (ОІЯД), тобто з 2014 р. CERN можна вважати не європейською, а світовою науковою установою [1].

За 65 років своєї діяльності CERN перетворилася в один з найвідоміших у світі науковий центр з фізики високих енергій. Функціонування CERN забезпечують кошти країн-членів, бюджет установи, станом на 2018 р., складає понад 1,2 млрд. швейцарських франків, що дозволяє не тільки виплачувати дослідникам і обслуговуючому персоналу достойну зарплату, а й будувати найсучасніші прискорювальні комплекси для експериментів з фізики часток.

Історія прискорювачів CERN розпочиналася у 1957 р. з скромного, навіть за тогочасними мірками, синхроциклотрона (SC) з енергією 600 MeV. А вже через два роки після запуску SC почав працювати протонний синхротрон PS з енергією 28 GeV. На базі протонного синхротрона на початку 70-х років минулого століття було створено першу в світі протонну прискорювально-накопичувальну установку (ISR), а в червні 1976 р. почав працювати суперпротонний синхротрон (SPS) з прискоренням протонів до 400 GeV. Після удосконалення на SPS було отримано протон-антипротонні зіткнення при енергії 540 GeV в системі центра мас, чого було достатньо для виявлення W- і Z-бозонів. За це відкриття Сімон ван дер Меер і Карло Рубіа були удостоєні Нобелівської премії.

Наступним етапом розвитку прискорювальної техніки CERN був великий електрон-позитронний колайдер (LEP), на якому було проведено прецизійне вимірювання різноманітних характеристик Стандартної моделі фізики елементарних часток. У 90-х роках стало зрозуміло, що можливостей LEP для вияв-

лення бозона Хігса не вистачає і в CERN розпочалися роботи з створення Великого адронного колайдера (LHC) з використанням підземного тунелю LEP – кільця довжиною 27 км. Протон-протонний колайдер LHC було введено в експлуатацію у 2008 р., а проекту енергію 14 TeV в системі центра мас було досягнуто у 2015 р. В чотирьох підземних шахтах колайдера розташовано 4 основних детектори, з яких 2 є багатоцільовими. На колайдері проводять низку масштабних експериментів у форматі колаборацій. Багатоцільові експерименти виконуються колабораціями ATLAS і CMS.

Вивчення явищ фізики важких кварків проводять на спеціалізованому детекторі LHCb, вивчення фізики важких іонів і кварк – глюонної плазми, виконують в рамках експерименту ALICE. Також здійснюється низка менш масштабних, але важливих для сучасної фізики експериментів, зокрема TOTEM – вимірювання повного перетину дифракційних процесів, і LHCf – вивчення надблизьких до осі пучка прискорювача часток, для використання цих знань у фізиці космічних променів.

Проводять дослідження з розробки електрон-позитронного лінійного колайдера з енергією 3 TeV (CLIC). Цей проект реалізується CERN'ом в тісній співпраці з науковими установами 36 країн світу. А в стратегічних планах CERN є створення надвеликого колайдера з підземним кільцем прискорювача протонів з використанням надпровідних магнітів, довжиною 100 км і енергією до 150 TeV, що є майже на порядок вищою, ніж у LHC. Для розробки концептуального дизайну майбутнього колайдера в CERN створено колаборацію FCC, в якій уже працює понад 1300 учасників із 150 університетів, дослідних інститутів і промислових партнерів. У січні цього року FCC подано для публікації звіт щодо концептуального дизайну, в якому наведено різні варіанти великого кругового колайдера майбутнього, можливі технічні розробки, вартість та графіки реалізації [2].

Сучасне наукове обладнання та енергійна творча праця всього персоналу сприяли тому, що в експериментах CERN, було зроблено низку значних відкриттів, зокрема визначення кількості видів нейтрино, створення перших атомів антиматерії, виявлення нових елементарних часток тетракварка і пентакварка. Найбільш резонансним відкриттям, безумовно, було виявлення й подальше підтвердження в експериментах ATLAS і CMS бозона масою 125–126 GeV, який пізніше було визначено як бозон Хігса, про що було оголошено 4 липня 2012 р.

Крім визначних відкриттів у фундаментальній фізиці, CERN прославився ще тим, що в його стінах у 1989 р. було запропоновано проект всесвітньої павутини, всім відомої як Інтернет. Спочатку процедура сполучення документів була задумана для полегшення обміну інформацією між групами дослідників, що виконують масштабні експерименти й використовувалася лише у внутрішній комп'ютерній мережі організації, а пізніше, після доробки низки важливих комп'ютерних сегментів і розробки відповідних протоколів, у 1993 р. CERN повідомив, що Всесвітня павутина, або Інтернет, буде вільно доступною для всіх користувачів. CERN став також одним з центрів розвитку нової комп'ютерної мережевої технології Грід, призначеної для збереження і оперативної обробки величезних масивів інформації. Спеціальне відділення, пов'язане з колайдером – LHC Computing Grid, входить в крупний Грід – проект EGEE, що займається використанням переваг мережевої технології для обробки великих масивів інформації при масштабних наукових дослідженнях. Відносно новим напрямком досліджень є медична фізика, яка займається особливостями впливу радіаційних процесів на біологічні середовища та розробкою центрів адронної терапії з використанням прискорювальних технологій CERN.

Наведені окремі приклади діяльності CERN наочно демонструють, чому всі розвинені країни,

наукові установи та визначні вчені в галузі фізики прагнуть співпрацювати з CERN.

На сьогодні CERN у своєму штаті нараховує 2500 дослідників, 1800 осіб технічного персоналу та 13 000 наукових користувачів («users») з понад 100 країн світу.

Крім наукових досліджень і технічних розробок, діяльність CERN сприяє підготовці вчених та інженерів майбутнього, значна увага приділяється пропаганді науки в суспільстві, на реальних справах пропагує ідеї миру й співдружності шляхом об'єднання людей різних країн і культур через наукове співробітництво.

Перші факти співпраці українських учених-фізиків з CERN слід віднести практично до самого початку реалізації експериментів в CERN з фізики елементарних часток. Уже в 1958 р. молодого вченого, який щойно закінчив аспірантуру Харківського державного університету ім. М.Горького (на сьогодні ХНУ ім. В.Н. Каразіна), Д.В. Волкова в подальшому видатного фізика-теоретика, одного з авторів суперсиметрії та розповсюдження її на аспекти загальної теорії відносності — супергравітації, було направлено у наукове відрядження до CERN. В подальшому у цих відрядженнях, які тривали у 1961 і 1962 рр., було виконано теоретичні й експериментальні дослідження статистики відомих елементарних часток, а також гіпотетичних часток — кварків. У 1965 р. Д.В. Волков проходив двомісячне стажування в CERN, під час якого було проведено дослідження із застосування вищих симетрій до вивчення сильних взаємодій між елементарними частками [3]. Розпочате співробітництво особливо активізувалося після підписання першої угоди про співробітництво між колишнім Радянським Союзом і CERN у 1967 році [4]. Делегації радянських фізиків-ядерників, зокрема й українців, стали частими гостями у цій європейській організації з ядерних досліджень, що стрімко розвивалася і активно запускала в експлуатацію все більш потужні прискорювачі елементарних часток. Зокрема, Д.В. Волков,

за запрошенням тогочасного директора CERN Леона ван Хова, у 1976—1977 рр. працював у теоретичному відділі CERN, де виконував дослідження щодо зв'язку між різними уявленнями теорії супергравітації. Можна також згадати експерименти DELPHI і L3 на електрон-позитронному колайдері LEP, в яких було проведено прецизійні вимірювання різних характеристик Стандартної моделі фізики елементарних часток.

Слід зазначити, що через те, що Україна не мала державної суб'єктності, українські вчені, які співпрацювали з CERN в ті часи на різних умовах, представляли Радянський Союз або інші країни чи їхні університети.

Ситуація почала змінюватися після того, як у квітні 1993 р. між Державним комітетом України з питань науки і технологій (представник С. Рябченко) і Європейською організацією з ядерних досліджень (в особі К. Руббіа) було підписано угоду про подальший розвиток наукового й технічного співробітництва в галузі фізики високих енергій. В угоді було зазначено, що враховуючи, що з самого початку своєї діяльності, CERN тісно співпрацювала з науковими організаціями колишнього СРСР, зокрема й з науковими організаціями, що знаходились на території України, та беручи до уваги бажання CERN зміцнювати й розвивати співробітництво з державами, які не є членами CERN, але з якими організація давно та успішно співпрацює, сторони домовилися створювати умови, необхідні для продовження та розвитку партнерського наукового й технічного співробітництва. В основі співробітництва, головним чином, лежать дослідницькі проекти, для здійснення яких приймаються окремі угоди. Фізики, інженери та спеціальний технічний персонал з України можуть приймати участь у дослідницьких проектах в CERN у галузі експериментальної та теоретичної фізики, конструювань прискорювачів і детекторів, а також інших суміжних галузях науки й технологій на умовах, які визначатимуться згаданими вище угодами. Внесок України у



Рис. 1. Перші кристали вольфрамату свинцю, що надійшли в CERN [8]

конкретний проект CERN полягає у наданні робочого персоналу, матеріалів та обладнання, фінансування, або у поєднанні вищезазначеного. Уряд України підтримує такі великі програми й проекти CERN як, наприклад, Великий адронний колайдер у тунелі LEP, до участі в яких інститути України проявили інтерес [5].

Укладання вищезазначеної угоди відкривало певні можливості для українських учених — можливість співпрацювати з CERN безпосередньо, а не через інші організації та країни. Це був період, коли в CERN, після десятирічних консультацій та диспутів, було остаточно схвалено ідею створення Великого адронного колайдера (LHC) і розпочалися інтенсивні роботи з проектування і пошуку матеріалів, придатних для створення детекторів для експериментів з фізики високих енергій, яких спочатку було передбачено чотири — ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, а пізніше до них було долучено три додаткових — LHCf, TOTEM і MoEDAL.

На той час у провідних українських наукових установ фізичного та матеріалознавчого профілю, а також в університетів уже був пев-

ний досвід участі в міжнародних експериментах з фізики елементарних часток. Ще в 1988 р. у науково-технологічному комплексі «Інститут монокристалів» (НТК ІМК, Харків), спільно з Харківським державним університетом ім. М. Горького та Об'єднаним інститутом ядерних досліджень (ОІЯД, Росія) розпочалася розробка пластмасових сцинтиляторів для спектрометричного комплексу CDF на Теватроні Фермілаб (ФНАЛ, США) [6]. В подальшому на основі цих розробок було створено удосконалені сцинтилятори для експерименту ATLAS на LHC [7].

Учені із НТК ІМК запропонували використати для детектора експерименту CMS щойно розроблені ними сцинтиляційні монокристали вольфрамату свинцю. Було проведено детальні вимірювання фізико-технічних параметрів цих кристалів, які підтвердили перспективність застосування зазначених елементів в детекторах елементарних часток. В короткі терміни в Росії було налагоджено промислове виробництво кристалів вольфрамату свинцю та постачання елементів з них в CERN (рис. 1) [8].

Національний науковий центр Харківський фізико-технічний інститут (ННЦ ХФТІ) мав тісні творчі зв'язки з CERN практично з самого початку діяльності останнього [3]. Учені цього наукового центру прийняли безпосередню участь у випробуванні унікальних радіаційностійких пластин пластмасових сцинтиляторів, розроблених і виготовлених у НТК ІМК на замовлення колаборації CMS для передніх адронних калориметрів детектора, що зазнають найсильнішого радіаційного впливу під час експериментів. У 2001 р. у центрі розпочались роботи з створення спеціалізованого обчислювального комплексу для обробки й аналізу фізичних даних експерименту CMS, а у 2005 р. CMS-кластер ННЦ ХФТІ було зареєстровано у всесвітній мережі LHC-ГРІД [9]. В подальшому Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України у співпраці з ОІЯД проводив розробку сцинтиляторів з радіаційною стійкістю 10–100 Мрад для удосконалення детекторів LHC.

Для реалізації основних експериментів на LHC були необхідні високонадійні й ефективні елементи електричного з'єднання відповідних частин детекторів між собою. Учені харківського науково-дослідного технологічного інституту приладобудування на той час уже мали доробки з унікальної технології виготовлення мікрокабелів і проф. Зінов'єв Г.М., завідувач відділом Інституту ядерних досліджень НАН України, який уже мав досвід співпраці з CERN, запропонував співробітникам цієї організації скористатись отриманими результатами. Розробка дуже зацікавила працівників CERN і, таким чином, група з України почала працювати над вирішенням завдання створення мікрокабелів для детектора ALICE. В подальшому технологи з Харкова здобули суттєвий авторитет у CERN як висококваліфіковані фахівці з розроблення й виготовлення мікрокабелів для інших детекторів експериментів CERN [10].

З огляду на зростаючий внесок України в реалізацію експериментів на LHC, а також у

розвиток нових технологій прискорювачів і з метою залучення її до нових напрямків діяльності CERN, у 2011 р. було підписано спільну декларацію між національним центром «Мала академія наук (МАН) України» та CERN [11]. Декларація дала змогу українським вчителям фізики, математики та інформатики, а також учням 9–11 класів брати участь у освітній діяльності CERN, яку було започатковано з 2009 р. За сім років від часу підписання декларації було організовано 4 наукових школи для вчителів та викладачів, в роботі яких взяли участь 105 осіб, а також 5 шкіл для учнів МАН (72 учасники). Організовано шкільні візити до основних дослідницьких центрів CERN та експериментів на Великому адронному колайдері, прочитано серію лекцій з освітньої програми CERN та з фізики елементарних часток і фізики високих енергій тощо [12].

Зі зростанням творчих контактів між українськими ученими та CERN ставало зрозумілим, що в рамках угоди від 1993 р. не вдається повністю використовувати науковий і технологічний потенціал України в галузі ядерної фізики для реалізації науково-технічних планів CERN, з одного боку, і скористатися українським фахівцям можливістю брати безпосередню участь у найкрупніших експериментах світового рівня, з іншого. Українські підприємства та установи не мали доступу до конкурсів на розробку та виготовлення для потреб CERN високотехнологічної та унікальної продукції, Україна не мала можливості впливу на прийняття рішень з науково-технічного розвитку CERN та його складових структур, на участь у численних програмах з трансферу технологій тощо. Такі можливості відкривалися лише для членів CERN і частково для асоційованих членів, статус яких було затверджено Радою CERN у червні 2010 р. разом з резолюцією про відкриття членства в CERN для всіх держав, незалежно від їхнього географічного розташування.

З метою усунення цих та інших перешкод у розвитку співробітництва з CERN, у жовтні

2013 р. Генеральним директором CERN Рольфом Хоером та віце-прем'єр-міністром України К.І. Грищенком було підписано Угоду між Україною та Європейською організацією ядерних досліджень (ЦЕРН) щодо надання нашій країні статусу асоційованого члена в ЦЕРН.

За Угодою, з урахуванням багаторічної співпраці між Організацією та Україною, успішний внесок останньої до реалізації наукової програми CERN та існування у держави-заявника міцного, як теоретичного, так і експериментального, підґрунтя у фізиці елементарних часток, Україні було надано право [13]:

- ✦ бути представленою на чергових сесіях Ради CERN, за винятком закритих сесій з правами, що застосовуються до представництва асоційованого члена;
- ✦ бути представленою на сесіях Ради з Європейської стратегії як спостерігач, за винятком закритих сесій;
- ✦ бути представленою на засіданнях Фінансового комітету;
- ✦ науковий представник України в Раді CERN може відвідувати засідання Комітету з наукової політики як спостерігач.

Громадяни України можуть звертатися за призначенням на посади співробітників CERN за контрактом обмеженого терміну дії старших наукових співробітників, студентів та молодших співробітників. Їхній відбір і призначення повинні відповідати стандартним принципам і політиці CERN та Правилам і положенням про персонал.

Відповідно до Угоди, фірми з України, які пропонують товари та послуги, мають право брати участь у конкурсних торгах на здобуття контрактів CERN за умови застосування закупівельних правил та процедур CERN. Україна також може призначати контактну особу з промислових питань. При цьому сумарне фінансове значення призначень та контрактів, зазначених вище, не повинно перевищувати обсяги фінансового внеску України за цією Угодою. Сума внеску України до фінансування CERN виражається у відсотках внеску держави-чле-

на CERN та визначається за формулою, пов'язаною з ВВП країни-члена й шкалою внесків, але повинна складати не менше, ніж 1 млн. швейцарських франків (CHF) на рік.

Згідно з заключними положеннями Угоди, вона набирає чинності після завершення всіх внутрішньодержавних процедур її затвердження і повідомлення про це дипломатичними каналами Генерального директора Організації. На проходження всіх процедур відводилося 24 місяці. Верховна рада України ратифікувала угоду у 2014 р., але з нотифікацією виникла затримка аж на 2 роки і її вдалося здійснити лише в кінці 2016 р., тобто з дати підписання пройшло не 24, а 36 місяців. Однією з основних причин затягування остаточного схвалення угоди було положення про грошовий внесок за членство в CERN. На думку фахівців, для того, щоб компенсувати ці затрати і отримати максимальну вигоду від співпраці з CERN, потрібно дуже відповідально визначитися з інтересами України в цій організації.

Для здійснення всебічного аналізу наслідків угоди було створено спеціальну робочу групу з представників наукових установ НАН та МОН України, яка, спільно з фахівцями CERN, провела низку засідань та обговорень і розробила своєрідну дорожню карту забезпечення ефективності співробітництва. З свого боку CERN, з огляду на ситуацію в Україні, що склалася на той час, незважаючи на річну затримку, прийняв відповідні документи щодо угоди і, таким чином, з жовтня 2016 р. Україна є асоційованим членом CERN (рис. 2). На вебсайті CERN з'явилося повідомлення Генерального директора CERN Фабіоли Джанотті: «Нам дуже приємно приймати Україну в сім'ю CERN. Лабораторія тісно співпрацювала з українськими колегами протягом багатьох років, і ми з нетерпінням чекаємо зміцнення цього союзу в рамках асоційованого членства». Представником України в CERN призначено акад. НАН України, проф. Гриньова Б.В. Крім того, робоча група продовжує працювати і після підписання угоди, засідання проводилися, почина-



**Рис. 2.** Міністр освіти і науки України Л. Гриневич підписує угоду щодо асоційованого членства України в CERN

ючи з 2017 р., 4 чотири рази на рік. Було сформовано українську делегацію до Ради CERN, до якої ввійшли: акад. НАН України, проф. Гриньов Б.В., акад. НАН України, проф. Загородній А.Г. — як науковий представник, Кудрявець Є.В. і проф. Тітов М.П. — як радники при Раді CERN, Шаповал С. увійшов до фінансового комітету, а Гриньова Т.В. — є співробітником комітету з питань навчальних програм, вчительських та студентських форумів.

За заявою міністра освіти і науки України Л. Гриневич [14], кошти, що витрачає Україна, як членський внесок в CERN, повертаються назад за рахунок компенсації CERN'ом витрат на контракти відкритого доступу молодим вченим з України для отримання позицій в CERN, закупівлі ним продукції, послуг українських підприємств і організацій, які, згідно з угодою, допускаються до конкурсів CERN на розробку й поставку матеріалів та виробів для експериментів, що реалізуються на LHC (табл. 1).

За 2017 і 2018 роки CERN на конкурсній основі оплатив розробку й виготовлення українськими підприємствами і організаціями матеріалів та виробів для потреб існуючих ек-

периментів [15]. Українська вчительська програма CERN коштує 13 тис. CHF.

Станом на грудень 2018 р. у CERN працювало 112 українських науковців, серед яких: у штаті CERN — 1 особа, вчені, учасники наукового товариства — 3 особи, докторанти — 2 особи, студенти — 3 особи, учасники проектів — 2 особи тощо.

Неможливо кількісно вирахувати інвестиції CERN в Україну у вигляді технологічних знань, які отримують науковці України під час їхніх творчих відряджень до CERN, при використанні обчислювальної інфраструктури, програмного забезпечення, інформації, що отримується на наукових конференціях, школах, семінарах, під час численних студентських та учнівських програм тощо.

Так, у квітні 2017 р. у Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна в рамках Асоційованої міжнародної лабораторії в галузі фізики високих енергій (LIA IDEATE), яка створена у 2015 р. за угодою між Київським національним університетом імені Тараса Шевченка, Харківським національним університетом ім. В.Н. Каразіна, Державним фондом



Таблиця 1  
Перебування українських фахівців у CERN

Категорія	2017	2018
Штат CERN	0 місяців	5 місяців
Науковці	29 місяців	49 місяців
Докторанти	4 місяці	27 місяців
Студенти технічних спеціальностей	0 місяців	40 місяців

фундаментальних досліджень України, НАН України та Національним центром наукових досліджень Франції (CNRS) і Комісаріатом атомної енергії (CEA Saclay) [16], і підтриманою CERN, було проведено семінар «Медична фізика та візуалізація». В його роботі взяли участь понад 70 студентів, аспірантів та наукових працівників провідних вузів та науково-дослідних інститутів Харкова, Києва та Сум, а також фахівці з Франції та Європейського центру ядерних досліджень (CERN) [17].

В продовження цієї серії франко-CERN-українських семінарів, у березні 2019 р. у

Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна відбулася 3-я французько-CERN-українська школа з фізики високих енергій і медичної фізики. Висвітлені лекції було присвячено сучасним технологіям детекторів випромінювання і системам візуалізації для біологічних та медичних досліджень. Школа стала, по суті, дискусійним майданчиком для нових розробок, пов'язаних з нею приладів і методик лікування з використанням терапії часток тощо. Учасники школи були ознайомлені з досвідом CERN у виконанні досліджень в галузі медичної фізики [18].

У липні 2018 р. в Полтаві відбулася 12-та Транс-Європейська школа з фізики високих енергій (TESHER) [19], основна лекційна програма якої стосувалася експериментальної фізики часток, Стандартної моделі, космології, статистики та приладобудування. TESHER взагалі є платформою, направленою на зміцнення науково-педагогічних зв'язків між Східною і Західною Європою, а її літня школа об'єднує

Таблиця 2

Навчальні та дослідницькі програми CERN

Назва програми	Галузі	Тривалість програми	Умови участі
Студенти технічних спеціальностей: бакалавр, магістр	Комп'ютерні технології, інженерія, фізика елементарних часток	4–14 місяців	18 місяців бакалаврату, на час перебування в CERN є зареєстрованим студентом
Студенти спеціальностей, пов'язаних з управлінням	Переклад, кадри, фінанси, діловодство, юриспруденція, комунікація	4–12 місяців	18 місяців навчання в бакалавраті
Докторанти	Прикладна фізика, інженерія, комп'ютерні технології	6–36 місяців	Докторантура в університеті країни-члена CERN
Літня студентська програма	Фізика, зокрема й елементарних часток, комп'ютерні технології	8–13 тижнів, у літні місяці	150 місць для країн-членів CERN та 150 – для країн, не членів CERN
Наукові працівники, фахівці	Фізика, інженерія, комп'ютерні технології	2–3 роки	Бакалавр, магістр, доктор наук, стаж не більше 10 років
Навчання технічних фахівців	Механіка, електрика, електроніка та ін.	1 рік з можливістю продовжити ще на рік	Технічний диплом, не більше 4 років досвіду роботи
Штатні посади в CERN	Фізика, інженерія, комп'ютерна техніка, техніка, адмінперсонал	Контракт до 5 років	Від учнівства до доктора наук
Партнери, користувачі, кореспонденти, фахівці	Досвідчені особи, учені, аспіранти	6–12 місяців	Перебування у відпустці за основним місцем роботи

європейських студентів із університетів, де фізико-технічний напрямок є одним із пріоритетних.

Найбільш значимою подією у напрямку наукового спілкування, залучення українських учених і фахівців до найактуальніших проблем сучасної фізики високих енергій та ознайомлення з експериментами і можливостями CERN, стала міжнародна конференція «CERN – UKRAINE Collaboration: current state and prospects», яка відбулася у травні 2018 р. на базі Інституту скінтіляційних матеріалів та Харківського фізико-технічного інституту НАН України. У роботі конференції взяло участь понад 70 вчених та фахівців дослідних установ і університетів України, 9 представників управління CERN та CMS, LHCb, ALICE, SHIP і CLIC колаборацій. Учасникам було представлено 45 презентацій за актуальними проблемами сучасної фізики високих енергій, перспективами їх вивчення, можливим подальшим розвитком CERN. Особлива увага приділялася подальшому розвитку співробітництва між Україною і CERN. Конференція викликала широкий резонанс фахівців і за її висновками було прийнято рішення проводити її на регулярній основі з інтервалом в 2–3 роки [20].

CERN приділяє суттєву увагу різноманітним навчальним та науковим програмам в га-

лузі фізики високих енергій, частину з яких наведено в табл. 2.

В подальшому заплановано розвивати всі напрямки співпраці України з CERN. Співробітництво з CERN дає змогу Україні скористатися у своєму розвитку можливостями проголошеної місії CERN [21]:

- ✦ завдяки унікальному набору технічних засобів розширювати межі знань всесвіту;
- ✦ освоювати найпередовіші інноваційні технології, зокрема інформаційні та медичні;
- ✦ готувати висококваліфікованих учених та інженерів майбутнього;
- ✦ просувати науку і знання в суспільство;
- ✦ об'єднувати людей різних країн і культур через науку.

Асоційоване членство дає українським ученим, фахівцям і студентам небачену раніше можливість долучитись до практики роботи і виконання досліджень на унікальному обладнанні, на найвищому рівні і вчитися на лекціях видатних вчених сучасності. Українські підприємства і організації мають право приймати участь у конкурсах CERN, демонструючи світові високий рівень української науки, професіоналізм учених і фахівців, зарядженість української промисловості на інноваційність і високу технологічність.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. CERN – 60 лет. URL: <http://hepd.pnpi.srb.ru/ioc/ioc/line11-12-2014/n5.html> (дата звернення: 12.02.2019).
2. О будущем циклическом коллайдере длиной 100 км. URL: <https://nplus1.ru/news/2019/01/16/FCC> (дата звернення: 12.02.2019).
3. Дмитрий Васильевич Волков. Статьи, очерки, воспоминания. Харьков, 2007. 682 с.
4. Соглашение между Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР и Европейской организацией ядерных исследований. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1901328> (дата звернення: 12.02.2019).
5. Угода між Урядом України та Європейською організацією ядерних досліджень про подальший розвиток наукового і технічного співробітництва. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/956001> (дата звернення: 12.02.2019).
6. Артиков А., Будагов Ю., Гринев Б., Жмурич П. Детекторы ОИЯИ на основе украинских пластмассовых скинтилляторов в экспериментах ТЭВ диапазона. Харьков, 2013. 86 с.
7. Artikov A., Chokheli D., Huston J., Miller B., and Nessi M. Minimum bias scintillator counter geometry. *Technical Report AT-GE-ES-0001, CERN*, 2004.
8. Участие российских ученых в проектах CERN, прошлое, настоящее, будущее. URL: [http://theory.sinp.msu.ru/~savrin/CERN/School/CNIR\\_Lecture\\_2014.pdf](http://theory.sinp.msu.ru/~savrin/CERN/School/CNIR_Lecture_2014.pdf) (дата звернення: 28.03.2019).
9. В глубь материи. Физика XXI века глазами создателей экспериментального комплекса на большом адронном коллайдере в Женеве. Москва, 2009. 573 с.

10. Вклад Украины в Большой адронный коллайдер. URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2015/03/25/191515/> (дата звернення: 12.02.2019).
11. Українські вчителі та керівники наукових проєктів стали учасниками міжнародної навчальної програми CERN. URL: [http://man.gov.ua/ua/news/academy\\_news/ukrayinski-vchiteli-ta-kerivniki-naukovikh-proektiv-uchniv-chleniv-maloyi-akademiyi-nauk-ukrayini-stali-uchasnikami-mizhnarodnoyi-navchalnoyi-programi-evropeyskogo-tsentruryadernikh-doslidzhen--cern-](http://man.gov.ua/ua/news/academy_news/ukrayinski-vchiteli-ta-kerivniki-naukovikh-proektiv-uchniv-chleniv-maloyi-akademiyi-nauk-ukrayini-stali-uchasnikami-mizhnarodnoyi-navchalnoyi-programi-evropeyskogo-tsentruryadernikh-doslidzhen--cern-) (дата звернення: 12.02.2019).
12. іCERN Європейська Мала Академія Наук. Київ, 2017. 24 с.
13. Угода між Україною та Європейською організацією ядерних досліджень (ЦЕРН) стосовно надання статусу асоційованого члена в ЦЕРН. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/899\\_001/sp:max20](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/899_001/sp:max20) (дата звернення: 12.02.2019).
14. Ежегодный взнос Украины в ЦЕРН позволяет участвовать в исследованиях и тендерах. URL: <https://Interfax.com.ua/news/economic/463191.html> (дата звернення: 12.02.2019).
15. Два українських виробителя вииграли тендери на поставки в ЦЕРН. URL: <https://www.ukrinform.ru/rubric-technology/2347668-dva-ukrainskih-proizvoditela-vuigrali-tendery-na-postavki-v-cern.html> (дата звернення: 12.02.2019).
16. Створення Асоційованої міжнародної лабораторії в галузі фізики високих енергій. URL: <http://labprice.ua/novini/stvorennya-asotsiyovanoyi-mizhnarodnoyi-laboratoriyi-v-galuzi-fiziki-visokih-energiy/> (дата звернення: 12.02.2019).
17. Франко-українська школа-семинар з медичної фізики та візуалізації. URL: <http://Physics-technology.karazin.ua/news/84-franko-ukrainska-shkola-seminar-z-medichnoi-fiziki-ta-vizualizatsii/> (дата звернення: 27.03.2019).
18. FRENCH-CERN-UKRAINIAN SCHOOL OF HIGH ENERGY AND MEDICAL PHYSICS. URL: <http://fcus.univer.kharkov.ua/index.html> (дата звернення: 28.03.2019).
19. The 12<sup>th</sup> Trans-European School of High Energy Physics. URL: [http://Irfu.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_Labos/News/index.php?id\\_news=3779](http://Irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_Labos/News/index.php?id_news=3779) (дата звернення: 12.02.2019).
20. RESOLUTION of the International Conference “CERN–Ukraine Cooperation: Current State and Prospects”. URL: [https://indico.cern.ch/event/728683/contributions/3001287/attachments/1656814/2652615/RESOLUTION\\_AZ\\_NT\\_1.pdf](https://indico.cern.ch/event/728683/contributions/3001287/attachments/1656814/2652615/RESOLUTION_AZ_NT_1.pdf) (дата звернення: 12.02.2019).
21. WHAT IS CERN’S MISSION? URL: <https://home.cern/about/who-we-are/our-mission> (дата звернення: 28.03.2019).

#### REFERENCES

1. CERN – 60 ljet. URL: <http://hepd.pnpi.srb.ru/ioc/ioc/line11-12-2014/n5.html> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
2. О будущем циклическом коллайдере длиной 100 км. URL: <https://nplus1.ru/news/2019/01/16/FCC> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
3. Dmitriy Vasilevich Volkov. (2007). *Statti, ocherki, vospominaniya*. Kharkov. 682 p. [in Russian].
4. Soglasheniye meghdu Gosudarstvennym komitetom po ispolzovaniju atomnoy energii SSSR i Evropeyskoy organizacijey jadernyh issledovaniy. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1901328> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
5. Угода між Україною та Європейською організацією ядерних досліджень про подальший розвиток наукового і технічного співробітництва. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/956001> [in Ukrainian] (Last accessed: 12.02.2019).
6. Artikov, A., Budagov, Ju., Grinyov, B., Zhmurin, P. (2013). *Detektory OIJaI na osnove ukrainskikh plastmassovykh szintiljatorov v experimentah TeV diapazona*. Kharkov. 86 p. [in Russian].
7. Artikov, A., Chokheli, D., Huston, J., Miller, B., Nessi, M. (2004). Minimum bias scintillator counter geometry. *Technical Report AT-GE-ES-0001, CERN*.
8. Uchastie rossiyskikh uchenyh v proektah CERN, proshloe, nastojasheje, budusheje. URL: [http://theory.sinp.msu.ru/~savrin/CERN/School/CNIR\\_Lecture\\_2014.pdf](http://theory.sinp.msu.ru/~savrin/CERN/School/CNIR_Lecture_2014.pdf) [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
9. *V Glub Materii. Fizika XXI veka glazami sozdateley experimentalnogo kompleksa na bolshom adronnom collide v Zheneve*. (2009). Moskva. 573 p. [in Russian].
10. Вклад Украины в Большой адронный коллайдер. URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2015/03/25/191515/> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
11. Українські вчителі та керівники наукових проєктів стали учасниками міжнародної навчальної програми CERN. URL: [http://man.gov.ua/ua/news/academy\\_news/ukrayinski-vchiteli-ta-kerivniki-naukovikh-proektiv-uchniv-chleniv-maloyi-akademiyi-nauk-ukrayini-stali-uchasnikami-mizhnarodnoyi-navchalnoyi-programi-evropeyskogo-tsentruryadernikh-doslidzhen--cern-](http://man.gov.ua/ua/news/academy_news/ukrayinski-vchiteli-ta-kerivniki-naukovikh-proektiv-uchniv-chleniv-maloyi-akademiyi-nauk-ukrayini-stali-uchasnikami-mizhnarodnoyi-navchalnoyi-programi-evropeyskogo-tsentruryadernikh-doslidzhen--cern-) [in Ukrainian] (Last accessed: 12.02.2019).
12. іCERN Європейська Мала Академія Наук. (2017). Kyiv. 24 p. [in Ukrainian].
13. Угода між Україною та Європейською організацією ядерних досліджень (CERN) стосовно надання статусу асоційованого члена в CERN. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/899\\_001/sp:max20](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/899_001/sp:max20) [in Ukrainian] (Last accessed: 12.02.2019).

14. Jezhegodny vzos Ukrainy v CERN pozvoljaet uchastvovat v issledovanijah i tenderah. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/463191.html> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
15. Dva ukrainskih proizvoditelja vyigrali tendery na postavki v CERN. URL: <https://www.ukrinform.ru/rubric-technology/2347668-dva-ukrainskih-proizvoditelja-vyigrali-tendery-na-postavki-v-cern.html> [in Russian] (Last accessed: 12.02.2019).
16. Stvorennja asotsiyovanoyi mizhnarodnoyi laboratoriyi v galuzi fiziky vysokih-energiy. URL: <http://labprice.ua/novini/stvorennja-asotsiyovanoyi-mizhnarodnoyi-laboratoriyi-v-galuzi-fiziki-visokih-energiy/> [in Ukrainian] (Last accessed: 12.02.2019).
17. Franko-ukrainska shkola-seminar z medichnoi fizyky ta vizualizatsii. URL: <http://physics-technology.karazin.ua/news/84-franko-ukrainska-shkola-seminar-z-medichnoi-fiziki-ta-vizualizatsii> [in Ukrainian] (Last accessed: 12.02.2019).
18. FRENCH-CERN-UKRAINIAN SCHOOL OF HIGH ENERGY AND MEDICAL PHYSICS. URL: <http://fcus.univer.kharkov.ua/index.html> (Last accessed: 12.02.2019).
19. The 12<sup>th</sup> Trans-European School of High Energy Physics. URL: [http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_Labos/News/index.php?id\\_news=3779](http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_Labos/News/index.php?id_news=3779).
20. RESOLUTION of the International Conference “CERN–Ukraine Cooperation: Current State and Prospects”. URL: [https://indico.cern.ch/event/728683/contributions/3001287/attachments/1656814/2652615/RESOLUTION\\_AZ\\_NT\\_1.pdf](https://indico.cern.ch/event/728683/contributions/3001287/attachments/1656814/2652615/RESOLUTION_AZ_NT_1.pdf) (Last accessed: 12.02.2019).
21. WHAT IS CERN’S MISSION? URL: <https://home.cern/about/who-we-are/our-mission> (Last accessed: 28.03.2019).

Стаття надійшла до редакції / Received 01.04.19

Статтю прорецензовано / Revised 18.04.19

Статтю підписано до друку / Accepted 18.04.18

Grynyov, B.V.<sup>1</sup>, Titov, M.P.<sup>2</sup>, and Stadnik, P.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> State Foundation for Basic Research of Ukraine,  
16, T. Shevchenko Boul, Kyiv, 01601, Ukraine,  
+380 44 287 8221, office@dffd.gov.ua

<sup>2</sup> Atomic Energy Commissariat of France,  
91191 Gif-sur-yvette cede,  
+33 164 50 1000, maxim.titov@cea.fr

<sup>3</sup> Institute for Scintillation Materials, the NAS of Ukraine,  
60, Nauky Ave., Kharkov, 61072, Ukraine,  
+380 57 341 0110, stadnik@isma.kharkov.ua

#### UKRAINE – CERN: THE WAY TO COOPERATION

**Introduction.** The European Organization for Nuclear Research (CERN) is the world largest laboratory for high-energy physics and a platform for creative relationship between researchers from different countries.

**Problem Statement.** The development of international scientific cooperation, in particular, the creation of conditions for expanding the participation of Ukrainian researchers in carrying out the largest physical experiments on nuclear physics, gaining new knowledge and facilitating the innovation processes in Ukraine.

**Purpose.** To analyze factors that facilitate the development of cooperation between Ukrainian researchers and CERN and to outline prospects for the future.

**Materials and Methods.** Analysis of CERN research activities in the context of international cooperation and outlook of CERN international research projects in high-energy physics.

**Results.** The way of cooperation with Ukraine from the very beginning of the CERN creation to the signature of the Agreement on Associate Membership of Ukraine in CERN has been analyzed. Examples of the positive impact of cooperation with CERN on innovation processes in Ukraine, in particular, in the field of the development and production of new high-tech materials, which are crucially important for implementing state-of-the-art experiments in high-energy physics have been considered. The associate membership has allowed Ukrainian researchers to participate more actively in the study of the global physical phenomena of the universe in the most advanced experimental laboratory and engineers and technicians to master the cutting-edge innovative technologies, including informational and medical ones. Prospects of the further cooperation have been outlined.

**Conclusions.** Cooperation with CERN enables Ukraine to take advantage of CERN mission, one of the main tasks of which is the cohesion of people from different countries and cultures through science. Teachers, students, and schoolchildren

of Ukraine have got new opportunities to work with the state-of-the-art methods, modern equipment, and innovative approaches in the training of highly qualified specialists in physics and related fields of science and technology.

*Keywords:* researches, high energy physics, and cooperation.

*Б.В. Гриньов<sup>1</sup>, М.П. Титов<sup>2</sup>, П.Е. Стадник<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Государственный фонд фундаментальных исследований Украины,  
бульвар Т. Шевченко, 16, Киев, 01601, Украина,  
+380 44 287 8221, office@dffd.gov.ua

<sup>2</sup> Комиссариат атомной энергии Франции,  
91191 Gif-sur-yvette cedex,  
+33 164 50 1000, maxim.titov@cea.fr

<sup>3</sup> Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины,  
просп. Науки, 60, Харьков, 61072, Украина,  
+380 57 341 0110, stadnik@isma.kharkov.ua

### УКРАИНА – CERN: ПУТЬ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

**Введение.** CERN (ЦЕРН) – это Европейская организация по ядерным исследованиям, наибольшая в мире лаборатория физики высоких энергий, которая формирует творческие отношения между учеными разных стран.

**Проблематика.** Развитие международного научного сотрудничества, в частности создания условий для расширения участия украинских ученых в проведении наиболее крупных физических экспериментов по ядерной физике, получении новых знаний и влияния этих явлений на инновационные процессы в Украине.

**Цель.** Анализ факторов, которые способствуют развитию сотрудничества между украинскими учеными и CERN, а также определение перспектив на будущее.

**Материалы и методы.** Анализ научной деятельности CERN в международном сотрудничестве и обзор международных научных проектов CERN в сфере физики высоких энергий.

**Результаты.** Проанализировано путь сотрудничества с Украиной от самого начала создания CERN до подписания соглашения об ассоциированном членстве Украины в CERN. Приведены примеры позитивного влияния сотрудничества с CERN на инновационные процессы в Украине, в частности в сфере разработки и производства новых высокотехнологичных материалов, без которых тяжело представить реализацию современных экспериментов по физике высоких энергий. Ассоциированное членство дало возможность украинским ученым намного активнее принимать участие в изучении глобальных физических явлений вселенной в самой современной экспериментальной лаборатории, а инженерам и техникам осваивать самые передовые инновационные технологии, в частности информационные и медицинские. Очерчены перспективы дальнейшего сотрудничества.

**Выводы.** Сотрудничество с CERN дает возможность Украине воспользоваться в своем развитии возможностями провозглашенной миссии CERN, одним из основных заданий которой является объединение людей разных стран и культур через науку. Преподавателям, студентам и ученикам Украины открылись новые возможности работы с новейшими методами, современным оборудованием и инновационными подходами в подготовке высококвалифицированных специалистов по физике и сопутствующих отраслей науки и техники.

*Ключевые слова:* исследования, физика высоких энергий, сотрудничество.