

60 років СПІВРОБІТНИЦТВА В ІМ'Я НАУКИ ТА МИРУ НА ЗЕМЛІ

До 60-річчя створення Європейської організації ядерних досліджень (ЦЕРН)

У 2014 році Європейська організація ядерних досліджень – ЦЕРН святкує свій 60-річний ювілей «науки на службі миру». Створення цього найбільшого і єдиного у своєму роді науково-дослідного центру з фізики елементарних частинок з повним правом вважають однією з найважливіших віх у розвитку сучасної фізики. За всі роки своєї діяльності ЦЕРН дав ученим можливість хоч трохи підняти завісу над таємницею побудови нашого Всесвіту.

The longer you can look back,
the farther you can look forward.
(Чим довше дивитися назад, тим
далі можна зазирнути вперед).

Уїнстон Черчилль

Європейська організація ядерних досліджень (European Organization for Nuclear Research) – унікальний і найбільший у світі науковий центр, метою якого є фундаментальні дослідження в галузі фізики елементарних частинок.

Ідея об'єднати зусилля вчених-ядерників з різних країн належить видатному французькому фізику, нобелівському лауреату Луї де Бройлю. У 1949 р. на конференції з культури в Лозанні він запропонував створити міжнародну організацію для проведення фундаментальних досліджень, що виходять за рамки національних програм. Крім того, на його думку, заснування такого наукового центру було б символом єднання інтелектуальних сил Європи. Уряди багатьох держав підтримали цю ініціативу, оскільки у напівзруйнованій війною Європі то була чи не єдина можливість підтримати розвиток фундаментальної науки. У липні 1953 р. представники 12 європейських країн підписали Конвенцію нової міжурядової організації під егідою ЮНЕСКО – Європейської ради з ядерних досліджень (скорочена назва *CERN* походить від її французького найменування *Conseil européen pour la recherche nucléaire*). Однак офіційною датою народження ЦЕРНу вважають 29 вересня 1954 р., коли договір ратифікували усі країни-учасниці: Бельгія, Вели-





ЦЕРН з висоти пташиного польоту

ка Британія, Греція, Данія, Італія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Франція, Швейцарія, Швеція і Югославія. Тоді ж тимчасову Раду було ліквідовано, назву змінено на нинішню (фр. *l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire*), але попередній акронім *CERN* вирішили залишити.

Надалі з 1959 по 1999 р. до країн, які першими підписали договір про створення ЦЕРНу, приєдналися ще дев'ять — Австрія, Іспанія, Португалія, Фінляндія, Польща, Угорщина, Чехія, Словаччина, Болгарія. Югославія, яка спочатку була членом організації, в 1961 р. вийшла з неї. У січні 2014 р. 21-м повноправним членом Європейської організації ядерних досліджень офіційно став Ізраїль (до речі, це єдина країна-учасниця, розташована за межами континенту). Асоційованими членами є Кіпр, Туреччина і Пакистан. Румунія має статус кандидата на вступ до ЦЕРНу, а Сербія і Україна є асоційованими членами у попередній стадії членства. Крім того, країни і міжнародні організації, чії наукові установи беруть активну участь у дослідженнях, мають статус спостерігачів. На сьогодні це Європейська комісія, ЮНЕСКО, Японія, Росія, США та Індія.

Щорічний бюджет організації становить близько 1,2 млрд швейцарських франків. Держави — члени ЦЕРНу платять внески, розмір яких розраховують, виходячи з ВВП кожної країни. Найбільші внески до загального бюджету припадають на Німеччину, Францію і

Велику Британію. Керівна рада ЦЕРНу складається з представників країн-учасниць, по два від кожної: один представляє уряд, другий — наукове співтовариство. У такий спосіб Рада має можливість співвідносити побажання вчених з фінансовими можливостями держав. Сьогодні Генеральним директором ЦЕРНу з 2009 р. є німецький фізик-ядерник Рольф Хойєр (Rolf Heuer). Нині в організації працює понад 2,5 тис. постійних співробітників і ще більш як 12 тис. запрошених фахівців, інженерів, студентів, що проходять стажування. Усі вони представляють 608 університетів і наукових центрів із 113 країн світу.

ЦЕРН розташований в околицях Женеви, на кордоні Швейцарії та Франції. На момент заснування організації дослідження були зосереджені на вивченні процесів, що відбуваються всередині атома (звідси й пішло слово «ядерний» у назві). Сьогодні наше розуміння матерії стало набагато глибшим, і основним напрямом діяльності ЦЕРНу є фізика елементарних частинок — вивчення фундаментальних складових матерії і сил, що діють між ними. Поряд із завданнями фундаментальної науки в лабораторіях ЦЕРНу здійснюють і прикладні дослідження, зокрема у сфері медицини, фармацевтики, енергетики, в галузі високих технологій та у багатьох інших. Організація відома також як один із найбільших підготовчих центрів наукових кадрів. На її базі створено школи, в яких студенти та молоді аспіранти мають змогу вдосконалювати свої знання з фізики високих енергій.

Найголовнішим інструментом досліджень є спеціально побудовані прискорювачі пучків заряджених частинок високих енергій і системи детекторів, що дають можливість спостерігати і записувати результати зіткнень таких частинок. Прискорювальний комплекс ЦЕРНу включає послідовність з лінійних і кільцевих установок для розгону протонів і важких іонів до швидкостей, порівнянних зі швидкістю світла. У 2008 р. було запущено найпотужніший прискорювач Великий адронний колайдер (ВАК), за допомогою якого фізики-ядерники намагаються відтворити фізичні процеси, що

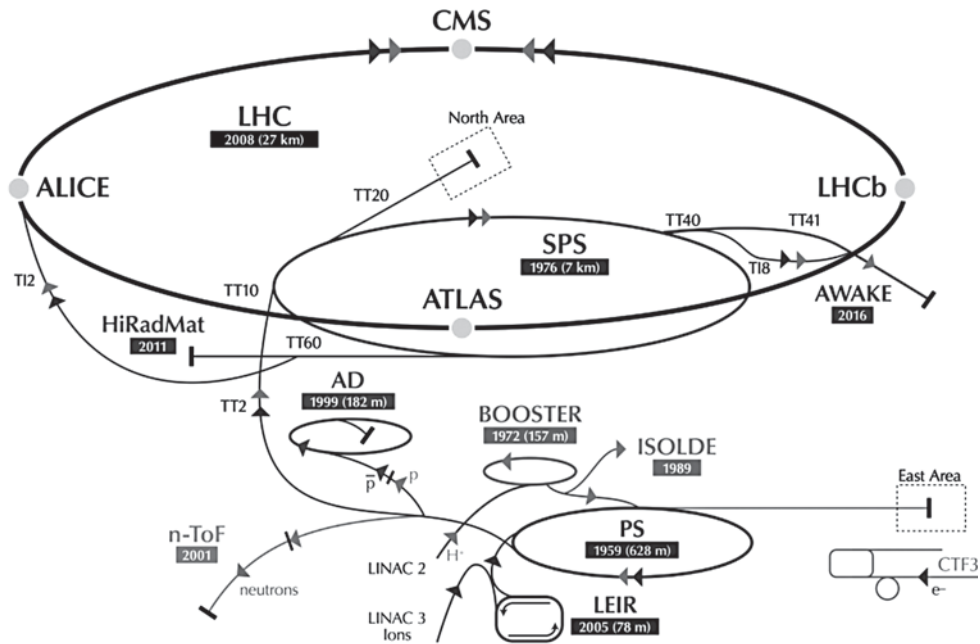


Схема прискорювального комплексу ЦЕРНу

відбувалися при утворенні Всесвіту та відбуваються сьогодні в умовах космічного середовища.

За 60 років у лабораторіях наукового центру було зроблено багато визначних наукових відкриттів, відбулося чимало знакових подій:

1957 р. — запрацював перший побудований у ЦЕРНі прискорювач — синхроциклотрон;

1959 р. — розпочав роботу перший дійсно потужний прискорювач — протонний синхротрон (PS), який і нині залишається серцевиною унікального комплексу прискорювачів;

1968 р. — винахід нового реєстратора частинок — багатодротової пропорційної камери, що спричинив справжню революцію у фізиці детекторів частинок і за який співробітник ЦЕРНу Ж. Шарпак (Georges Charpak) одержав Нобелівську премію в 1992 р.;

1971 р. — став до ладу перший у світі адронний колайдер (ISR), започаткувавши нову еру в експериментальних дослідженнях;

1973 р. — відкриття нейтральних струмів за допомогою бульбашкової камери в експерименті Gargamelle, яке уможливило перше підтвердження електрослабкої теорії частинок;

1976 р. — початок роботи суперпротонного синхротрона (SPS) з кільцем довжиною 7 км, на якому в 1981 р. вперше у світі спостерігали протон-антипротонне зіткнення;

1983 р. — відкриття W- і Z-бозонів, що підтвердило спостереження експерименту Gargamelle і за яке у 1984 р. співробітників ЦЕРНу К. Руббіа (Carlo Rubbia) та С. ван дер Мера (S. van der Meer) було удостоєно Нобелівської премії;

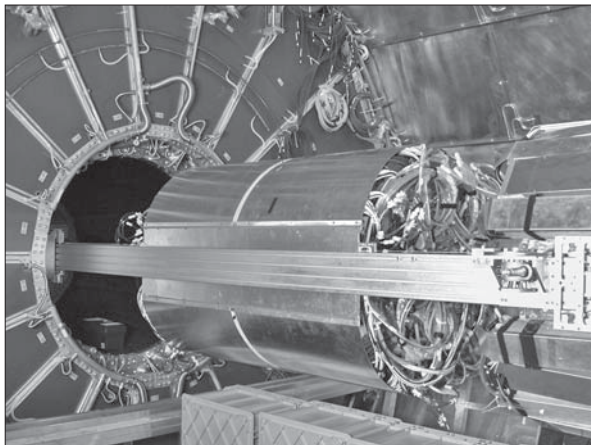
1986 р. — перші експерименти з прискорення важких іонів з метою відкриття нового стану матерії — кварк-глюонної плазми;

1989 р. — запуск Великого електрон-позитронного колайдера (LEP) з кільцем довжиною 27 км, відкриття трьох сортів нейтрино та підтвердження стандартної теорії частинок з високою точністю;

1993 р. — прецизійні результати вимірів явища порушення CP-інваріантності;

1995 р. — отримання перших атомів антиводню на пучках низькоенергетичних антипротонних кілець (LEAR);

1999 р. — початок будівництва в тунелі LEP Великого адронного колайдера (LHC);



Монтаж внутрішньої трекової системи детектора ALICE, у створення якої значний внесок зробили українські вчені, інженери і технологи

2006 р. — запуск найбільшого надпровідного магніту;

2008 р. — запуск найпотужнішого у світі прискорювача високих енергій — Великого адронного колайдера;

2010 р. — перше утримання в магнітній пастці атомів антиматерії (антиводню) упродовж 0,17 с;

2012 р. — відкриття бозона Хіггса колабораціями ATLAS та CMS, відзначене Нобелівською премією 2013 р.

Крім відкриттів у галузі фізики ЦЕРН прославився тим, що саме у його стінах у 1989 р. було розроблено концепцію Всесвітньої павутини (World Wide Web), а також протокол HTTP і мову HTML. Наприкінці 1990-х років ЦЕРН став одним із центрів розвитку нової комп'ютерної мережевої технології Grid. І сьогодні в ЦЕРНі постійно створюють нове програмне забезпечення, значна частина якого швидко поширюється серед користувачів Інтернету.

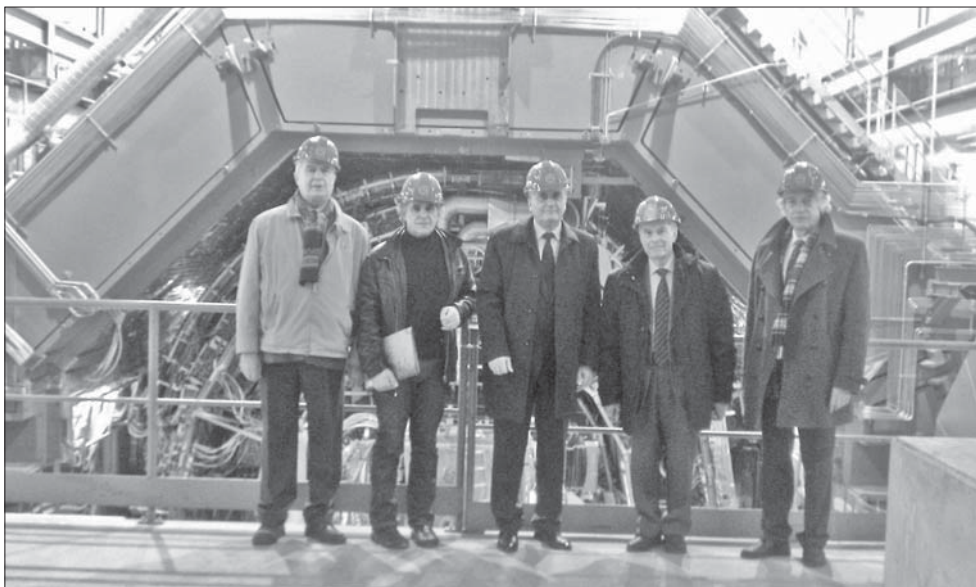
Однак найголовнішим досягненням організації, як вважають самі її керівники, є колосальна робота із залучення до виконання досліджень цінних наукових кадрів та об'єднання вчених-фізиків з різних країн. Діяльність ЦЕРНу наочно демонструє всьому світові, що наука здатна подолати будь-які бар'єри і кор-

дони, не лише географічні, а й політичні, культурні та релігійні.

* * *

Співпраця українських учених із ЦЕРНом, хоч і розпочалася досить давно, ще за радянських часів, у рамках спільних програм з Об'єднаним інститутом ядерних досліджень (ОІЯД) у Дубні, проте обмежувалася переважно участю у спільних наукових конференціях та школах. Зі становленням незалежної української держави за ініціативою окремих науковців почали реалізовуватися перші спільні проекти з колабораціями ЦЕРНу. З 1992 р. НАН України централізовано спрямовувала зусилля академічних установ на те, щоб українські вчені були задіяні в наукових програмах організації. Насамперед це стосувалося експериментів, у яких вивчали зіткнення важких іонів за енергій SPS. Фізики-теоретики з Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України були піонерами досліджень з цього напрямку і стали одними з ініціаторів створення колаборації ALICE на БАК, фізичну програму якого саме в цей час обговорювали у ЦЕРНі. Українські фахівці спочатку працювали в колаборації CMS (під «парасолькою» ОІЯД), самостійно брали участь у колаборації ALICE, пізніше приєдналися до колаборації LHCb, а в останні роки Інститут прикладної фізики НАН України (м. Суми) успішно співпрацює у проекті CLIC, у якому активно розвивають нові методи прискорення частинок.

Для величезного детектора колаборації CMS (компактний мюонний соленоїд), побудованого з метою пошуку бозона Хіггса та нових частинок, що можуть з'явитися в протон-протонних зіткненнях за максимальних енергій Великого адронного колайдера, харківський НТК «Інститут монокристалів» НАН України виготовив 22 тис. тайлів — різного розміру детекторів із радіаційно стійкої пластмаси за унікальною технологією, розробленою і впровадженою фахівцями Інституту. Співробітники ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» та Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України запропонували новітню



Делегация НАН України під час візиту до ЦЕРНу біля детектора ALICE у тунелі Великого адронного колайдера (зліва направо): заступник голови Ради колаборації ALICE Г.М. Зінов'єв, заступник керівника колаборації ALICE І. Шутц (Y. Schutz), віце-президенти НАН України академіки А.Г. Загородній і А.Г. Наумовець, один із керівників міжнародного відділу ЦЕРНу Т. Куртика. 2012 р.

технологію виготовлення спеціальних детекторів на основі кристалів вольфрамату свинцю і брали участь у створенні торцевих адронних калориметрів детектора CMS.

Під час побудови установки LHCb, призначеної для експериментів з екзотичними частинками, науковці з Інституту ядерних досліджень НАН України виготовили та установили оригінальну систему моніторингу пучка.

Найвагоміший внесок у майбутню успішну роботу комплексу ВАК українські вчені та інженери зробили при побудові детектора для дослідження зіткнень важких іонів ALICE. Фахівці Харківського науково-дослідного технологічного інституту приладобудування й Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України запропонували оригінальний проект створення чотирьох зовнішніх шарів центральної частини детектора ALICE, так званої внутрішньої трекової системи (ВТС). Проблема полягала в тому, що через функціональні особливості детектора ВТС усі його деталі мали бути максимально легкими,

компактними та радіаційно стійкими. Щоб домогтися потрібного результату, харківські вчені та інженери розробили технологію алюмінієвих мікрокабелів на гнучкій каптоновій основі, розгорнули відповідне виробництво і в жорсткій конкурентній боротьбі з провідними західними компаніями довели своє право на виконання цього складного завдання. Вони виготовили понад 30 тис. різних мікрокабелів і разом з колегами з Італії, Нідерландів, Франції, Фінляндії, Швейцарії та Росії успішно завершили роботи у визначені терміни. І, як відомо, перші експериментальні результати на Великому адронному колайдері було одержано саме в колаборації ALICE, у той час, коли працювала тільки частина ВТС, зібрана українськими фахівцями. Цей значний успіх дістав високу оцінку керівництва ЦЕРНу і привернув серйозну увагу до можливостей української науки та індустрії.

Вагомою причиною, яка спонукала світову наукову спільноту фізиків побудувати ВАК, було бажання експериментально перевірити

теорію суперсиметрії, одним із наслідків якої є існування нового класу частинок. У розробленні цієї теорії ще в 70-ті роки минулого століття значний внесок зробив колектив учених Харківського фізико-технічного інституту під керівництвом академіка Дмитра Васильовича Волкова.

Побудований в останнє десятиліття Український національний грид також активно задіяний у співпраці з ЦЕРНОм. Зокрема, фахівці Харківського фізико-технічного інституту успішно підтримують роботу свого вузла на потреби колаборації WLCG, а фахівці Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» беруть участь у забезпеченні ресурсами роботи з оброблення та аналізу результатів експериментів у колаборації ALICE.

Відтепер відносини українських науковців з ЦЕРНОм піднялися на новий рівень, перейшовши до офіційної площини. З жовтня 2013 р. було підписано угоду про асоційоване членство України в Європейській організації ядерних досліджень, а 2 вересня 2014 р. Верховна Рада України ратифікувала цей документ. Майбутнє набуття статусу асоційованого члена дасть змогу українським ученим отримати безпосередній доступ до баз новітніх наукових

даних, брати практичну участь у наукових експериментах, здійснювати самостійні дослідження з фізики високих енергій на унікальному обладнанні ЦЕРНу, розвивати й просувати на світовий ринок вітчизняні наукові технології. Україна матиме змогу долучитися до міжнародної співпраці зі створення новітніх матеріалів, розроблення і впровадження нових обчислювальних та інформаційних технологій, подальшого розвитку грид-мереж. Асоційоване членство відкриває широкий доступ до навчальних проєктів та освітніх програм ЦЕРНу, що сприятиме підвищенню ефективності підготовки наукових працівників вищої кваліфікації.

Нарешті, науково-дослідні установи та підприємства України зможуть тепер брати участь у тендерах, які проводить ЦЕРН, і отримувати замовлення на виготовлення високотехнологічного обладнання, що відкриє нові можливості для національного виробника, забезпечить надходження іноземних інвестицій у державу та створить нові робочі місця.

Вступ України до Європейської організації ядерних досліджень має величезне значення для майбутнього не лише вітчизняної науки, а й української державності в цілому, оскільки статус країни на міжнародній арені визначається, крім іншого, рівнем розвитку науково-технологічної та інноваційної сфери, ступенем інтеграції у світове наукове співтовариство.

*Заступник головного редактора
журналу О.О. МЕЛЕЖИК*