

# АД ЯДЗЕРНАЙ ОПТЫКІ ДА ВЯЛІКАГА АДРОННАГА КАЛАЙДАРА: 40 ГАДОЎ ІНСТЫТУТУ ЯДЗЕРНЫХ ПРАБЛЕМ БДУ

Што агульнага паміж Вялікім адронным калайдарам, Беларускай АЭС і касмічным нанаспадарожнікам? Ва ўсіх гэтых гісторыях ёсць праца навукоўцаў Інстытута ядзерных праблем БДУ. За 40 гадоў інстытут прайшоў шлях ад стварэння ўласнай эксперыментальнай базы да ўдзелу ў найбуйнейшых міжнародных навуковых праектах, захаваўшы галоўнае – моцную навуковую школу і здольнасць ператвараць фундаментальныя ідэі ў тэхналогіі.

Сорак гадоў для навуковага інстытута – магчымасць азірнуцца назад і ўбачыць не проста пералік выкананых работ, а цэлую траекторыю развіцця: ад задач, якія калісьці здаваліся зусім новымі і вырашаліся практычна з нуля, да ўдзелу ў эксперыментах сусветнага маштабу. Гісторыя Інстытута ядзерных праблем БДУ шмат у чым менавіта такая. Сёння тут працуюць з фізікай высокіх энергій і нанаструктурамі, ствараюць матэрыялы для дэтэктараў і касмічных апаратаў, мадэлююць працэсы ў ядзерных установах, займаюцца ядзернай і радыяцыйнай бяспекай, апрацоўваюць дадзеныя міжнародных эксперыментаў. Супрацоўнікі інстытута ўдзельнічаюць у праектах Вялікага адроннага калайдара (CERN, Швейцарыя) і NICA Аб'яднанага інстытута ядзерных даследаванняў (АІЯД, Расійская Федэрацыя), супрацоўнічаюць з найбуйнейшымі навуковымі цэнтрамі розных краін, а распрацаваныя ў інстытуце тэхналогіі знаходзяць прымяненне далёка за межамі лабараторый. Але чатыры дзесяцігоддзі таму гэтага навуковага свету яшчэ не існавала ў такім выглядзе. Ён пачынаўся з некалькіх напрамкаў, якія развіваліся на кафедрах ядзернай фізікі БДУ.

## АД КАФЕДРЫ ДА ІНСТЫТУТА

Гісторыя НДІ ЯП пачалася з даследаванняў, якія дзесяцігоддзямі праводзіліся на кафедрах ядзернай фізікі БДУ. Іх тэматыка ўключала тэарэтычную спінавую фізіку, ядзерную оптыку і перадавыя для свайго часу распрацоўкі ў галіне навуковага прыборабудавання. Маштаб даследаванняў паступова выйшаў за межы магчымасцяў кафедры і факультэта: вынікі былі запатрабаваны ў дзясятках устаноў Савецкага Саюза.

1 верасня 1986 года быў выдадзены загад аб стварэнні Навукова-даследчага інстытута ядзерных праблем БДУ. У аснове будучай працы інстытута ляжалі даследаванні параметрычнага рэнтгенаўскага выпраменьвання і выпраменьвання пры каналаванні рэлятывісцкіх электронаў і пазітронаў. Гэтыя працы знаходзіліся на пярэднім краі сусветнай навукі і адкрывалі магчымасці для стварэння новых крыніц выпраменьвання і лазераў на свабодных электронах.

Першаму калектыву прыйшлося не толькі праводзіць даследаванні, але і фактычна ствараць неабходную эксперыментальную базу. У Беларусі не хапала спецыялістаў па паскаральнай тэхніцы і сістэмах кантролю электронных пучкоў. Тым не менш за тры гады асноўныя ўстаноўкі былі створаны, а ў 1989 годзе міжведамасная камісія прызначыла мінскую эксперыментальную базу ўнікальнай для СССР.



Заснавальнікам і першым дырэктарам інстытута стаў прафесар **Уладзімір Барышэўскі**. Пад яго кіраўніцтвам было ажыццёўлена тэарэтычнае прадказанне і першае ў свеце эксперыментальнае назіранне параметрычнага рэнтгенаўскага выпраменьвання. У 2001 годзе быў эксперыментальна рэалізаваны першы аб'ёмны лазер на свабодных электронах. Але створаная тады навуковая школа стала важнейшай за асобныя распрацоўкі.



– *Ідэі навуковай школы Уладзіміра Рыгоравіча ў галіне ўзаемадзеяння часціц высокіх энергій з крышталямі праніклі ў многія напрамкі фізікі высокіх энергій і з'яўляюцца істотнай часткай шэрагу сучасных эксперыментаў*, – адзначае **дырэктар НДІ ЯП БДУ прафесар Юлія Фядотава**.

## КАЛІ НАВУКА СПАТРЭБІЛАСЯ КРАІНЕ

Адным з першых сур'ёзных выпрабаванняў для маладога інстытута стала аварыя на Чарнобыльскай АЭС. Пасля катастрофы краіне спатрэбілася сістэма радыяцыйнага кантролю, а вымяральнага абсталявання, якое тады існавала, было недастаткова для новых задач.

У 1990 годзе НДІ ЯП стаў галаўным выканаўцам рэспубліканскай праграмы па стварэнні апаратуры для радыеметрычнага і дазіметрычнага кантролю. Інстытут каардынаваў работы і сам распрацоўваў прыборы для кантролю прадуктаў харчавання, вады, прыроднага асяроддзя і стану чалавека.

Пазней інстытут стаў галаўной арганізацыяй праграмы «Радыеэкалогія». Былі створаны новыя серыі прыбораў для сістэмы папярэджання надзвычайных сітуацый, экалагічнага кантролю, радыяцыйнага маніторынгу і медыцынскай дазіметрыі.

Так, ужо ў першыя гады выявілася асаблівасць інстытута: фундаментальныя даследаванні маглі вельмі хутка ператварацца ў рашэнне канкрэтнай дзяржаўнай задачы.

## З МІНСКА – У CERN

У 1992 годзе на базе лабараторыі інстытута быў створаны Нацыянальны навукова-навукавы цэнтр фізікі часціц і высокіх энергій. Гэта стала важным крокам да сістэмнага ўдзелу беларускіх навукоўцаў у буйных міжнародных эксперыментах.

Сёння гісторыя супрацоўніцтва НДІ ЯП з CERN налічвае больш за 30 гадоў. Беларускія спецыялісты зрабілі ўклад у падрыхтоўку і правядзенне эксперыментаў CMS і ATLAS на Вялікім адронным калайдары, дзе сутыкаюцца пратоны з энергіямі да 13,6 ТэВ. Супрацоўнікі інстытута ўдзельнічалі ў распрацоўцы і вырабе электрамагнітнага каларыметра і мюоннай сістэмы CMS, а таксама каардынавалі вытворчасць элементаў адроннага каларыметра на беларускіх прадпрыемствах.

Для неспецыяліста назва «каларыметр» можа гучаць абстрактна. Па сутнасці, гэта частка дэтэктара, якая дапамагае вызначыць характарыстыкі часціц, якія ўзнікаюць пасля сутыкнення. Каб такая сістэма працавала, патрэбныя спецыяльныя матэрыялы, дакладная механіка, электроніка і вельмі складаныя вымяральныя тэхналогіі. Юлія Фядотава тлумачыць:

– Эксперыментаў CMS – адзін з найбуйнейшых фізічных эксперыментаў сучаснасці. Дзясяткі краін, сотні інстытутаў і тысячы навукоўцаў і інжынераў працуюць разам для атрымання новых адказаў на вечныя пытанні: з чаго складаецца матэрыя, атамы і драбнюткія элементарныя часціцы, чаму яны менавіта такія і як яны ўзаемадзейнічаюць.

У CMS ужо адкрыта больш за 50 новых часціц і рэзанансаў, уключаючы базон Хігса. Навукоўцы НДІ ЯП у складзе міжнародных калабарацый CMS і ATLAS сталі суаўтарамі гэтага адкрыцця.

Але значэнне CERN для інстытута не абмяжоўваецца публікацыямі. За гады працы беларускія спецыялісты атрымалі досвед у прэцызійнай механіцы, ядзернай электроніцы, апрацоўцы вялікіх аб'ёмаў дадзеных і стварэнні размеркаваных вылічальных сістэм. Гэтыя тэхналогіі затым прымяняліся і ў Беларусі.

– Беларускія фізікі – паўнапраўныя суаўтары гэтых адкрыццяў, – падкрэслівае дырэктар.

Распрацоўкі НДІ ЯП сумесна з калегамі з АІЯД былі адзначаны CMS Gold Medal у 2003 годзе і Achievement Award for CMS Construction у 2010 годзе. А ў 2025 годзе ўдзельнікі калабарацыі CMS ад інстытута ўвайшлі ў калектыв лаўрэатаў Breakthrough Prize.

## NICA: АД ДЭТЭКТАРАЎ ДА ПАСКАРАЛЬНАЙ ТЭХНІКІ

Яшчэ адзін важны напрамак міжнароднай працы – супрацоўніцтва з АІЯД у Дубне.

Тут беларускія спецыялісты ўдзельнічаюць у распрацоўцы ядзернай электронікі, прэцызійнай механікі, сістэм ахалоджвання і тэрмастабілізацыі, а таксама звышправодных рэзанатараў для паскаральнай тэхнікі. Інстытут таксама каардынуе навуковыя даследаванні, якія праводзяцца ў АІЯД з удзелам беларускіх арганізацый.

Удзел НДІ ЯП у праекце NICA працягваецца каля 15 гадоў. Сярод найбольш значных распрацовак – звышправодныя ніобіевыя ЗВЧ-рэзанатары для лінейнага паскаральніка комплексу на частату 325 МГц.

Яшчэ адзін маштабны праект звязаны з устаноўкай MPD: інстытут распрацаваў і паставіў сістэ-



Сістэма ахалоджвання электронікі і тэрмастабілізацыі працоўнага аб'ёму газу ў эксперыментах NICA-MPD



Група CMS у Інстытуце ядзерных праблем БДУ, 2017

му тэрмастабілізацыі і астуджэння дэтэктараў TPC і ECAL.

Поўнапамерная сістэма размешчана ў MPD-холе (AІЯД) на трохпавярховай платформе агульнай плошчай  $\approx 50$  м<sup>2</sup>. У складзе сістэмы – тры незалежныя замкнёныя контуры: для астуджэння электронікі, тэрмастабілізацыі электронікі і тэрмастабілізацыі газавога аб’ёму TPC. Кожны контур абсталяваны вакуумным бакам, а таксама падвесным помпавым модулем, які ажыццяўляе цыркуляцыю вады ў рэжыме leakless – холаданосьбіт цыркулюе пры субатмасферным ціску, фільтрацыю, ультрафіялетавую стэрылізацыю, вымярэнне электраправоднасці і скід цяпла ў знешні контур.

Адначасова навукоўцы інстытута працуюць і над фундаментальным складнікам NICA – у прыватнасці, яны абгрунтавалі правядзенне эксперыменту па дэтэктаванні спінавага дыхраізму дэйтронаў. Такім чынам, міжнародныя праекты для інстытута – гэта адначасова фундаментальная фізіка, інжынерія і школа новых тэхналогій.

## ЧЫМ ІНСТЫТУТ ЗАЙМАЕЦЦА СЁННЯ

Сучасны НДІ ЯП даўно выйшаў за рамкі аднаго навуковага напрамку. Тут развіваюцца фізіка высокіх шчыльнасцяў энергіі і нанаструктур, мадэляванне працэсаў у ядзерных установах, новыя сцынтыляцыйныя матэрыялы, радыяцыйна-ўстойлівыя рашэнні для мікраэлектронікі і матэрыялазнаўства. Інстытут апрацоўвае дадзеныя міжнародных эксперыментаў LHC і NICA, развівае Партал ядзерных ведаў Рэспублікі Беларусь і аказвае навукова-тэхнічную падтрымку Дзяржатамнагляду.

– Па вялікім рахунку, усе напрамкі даследаванняў НДІ ЯП БДУ з’яўляюцца надзвычай актуальнымі, – кажа Юлія Фядотава.

Пры гэтым развіццё тэматыкі, паводле яе слоў, заўсёды было звязана з уменнем зразумець і адчуць напрамак прагрэсу навукі і патрэбы грамадства і дзяржавы. Менавіта таму інстытут сёння працуе адразу з некалькімі задачамі, якія могуць здацца зусім рознымі.

## БЯСПЕКА БЕЛАРУСКОЙ АЭС

Адна з такіх задач – распрацоўка бібліятэк нейтронна-фізічных сячэнняў і вызначэнне найбольш дакладных разліковых мадэляў для Беларускай АЭС. Такія распрацоўкі выкарыстоўваюцца пры экспертызах бяспекі паліўных загрузак і аналізе бяспекі пры папярэджанні рэактыўнасных аварый энергаблокаў № 1 і № 2.

– Цяпер НДІ ЯП БДУ мае ўнікальныя для краіны камп’ютарныя мадэлі і метады разлікаў, для якіх пацверджана іх высокая прадказальная здольнасць у дачыненні да рэальных нейтронна-фізічных працэсаў, якія адбываюцца на энергаблоках Беларускай АЭС, – адзначае дырэктар.

Перспектыўнасць гэтага напрамку разлічана на дзесяцігоддзі: вынікі павінны выкарыстоўвацца на працягу ўсяго перыяду эксплуатацыі станцыі, у тым ліку пры будаўніцтве новых энергаблокаў і правядзенні экспертыз бяспекі.

## МАТЭРЫЯЛЫ ДЛЯ КОСМАСУ

Другі напрамак выводзіць распрацоўкі інстытута за межы Зямлі. Сумесна з навукоўцамі МДУ імя М. В. Ламаносава спецыялісты НДІ ЯП стварылі шматмэставы сцынтыляцыйны матэрыял, адаптаваны да касмічных умоў. На яго аснове распрацаваны матрычны дэтэктар гама-квантаў і нейтронаў для трэкавага гама-спектрометра.

28 снежня 2025 года апарат «Скарпіён» МДУ быў выведзены на калязямную арбіту. Спадарожнік павінен даследаваць радыяцыйную сітуацыю вакол Зямлі, успышкі святла, гама-прамяні і зараджаныя часціцы. Зараз аналізуюцца першыя атрыманыя звесткі. Распрацаваны ў НДІ ЯП гама-спектрометр забяспечвае маніторынг радыяцыйнай сітуацыі ў верхніх пластах атмасферы і калязямной касмічнай прасторы.

Атрымліваецца амаль сімвалічная сувязь з гісторыяй інстытута: калісьці тут стваралі апаратуру для радыяцыйнага кантролю на тэрыторыі Беларусі, а сёння – прыбор, які кантралюе радыяцыйную сітуацыю ўжо ў космасе.

## МАТЭРЫЯЛЫ, ЭЛЕКТРОНІКА, АСТРАФІЗІКА

Даследчая карта інстытута ўключае і нанаэлектрамагнетызм – напрамак на стыку электрадынамікі, нанафізікі і фізічнага матэрыялазнаўства. Развіваюцца новыя сцынтыляцыйныя матэрыялы і радыяцыйна-ўстойлівыя рашэнні ў мікраэлектроніцы.

Сёння інстытут з’яўляецца вядучай беларускай навукова-даследчай арганізацыяй у галіне фізікі мікра- і нанасвету, а таксама астрафізікі. Пры гэтым прыкладныя даследаванні накіраваны на ўмацаванне эканомікі і бяспекі краіны.

– Праз 10 гадоў застануцца актуальнымі і адноўленымі нашы даследаванні па такіх напрамках як тэарэтычная і ядзерная фізіка, фізіка

высокіх энергій, фізіка сучасных і перспектыўных матэрыялаў, навуковае прыборабудаванне і ядзерная электроніка, працы ў галіне ядзернай і радыяцыйнай бяспекі, менеджменту ядзерных ведаў, – лічыць Юлія Фядотава.

## МОЛАДЗЬ – ГАЛОЎНЫ РЭСУРС

Сёння ў інстытуце працуе 120 супрацоўнікаў, сярод іх 9 дактароў і 25 кандыдатаў навук. Амаль палова калектыву – маладыя спецыялісты і аспіранты.

Для навуковай арганізацыі гэта не проста кадравая статystыка. За ёй – пытанне перавагі: ці зможа працягнуць развіццё навуковая школа, створаная некалькі дзесяцігоддзяў таму.

Па словах Юліі Фядотавай, маладыя супрацоўнікі выбіраюць інстытут перш за ўсё з-за спалучэння некалькіх магчымасцяў: працы побач з вядомымі навукоўцамі, доступу да сучаснага абсталявання і ўдзелу ў міжнародных праектах.

– НДІ ЯП БДУ аб’ядноўвае вядомых навукоўцаў, у якіх заўсёды можна знайсці прафесійную і асабістую падтрымку, – кажа дырэктар.

Унікальнае абсталяванне, па яе словах, дае маладым даследчыкам магчымасць развіваць «у самых сучасных навуковых ведах і дасягаць сапраўды значных і актуальных навуковых вынікаў». Не менш важны міжнародны складнік:

– Праца ў падобных калабарацыях заўсёды адкрывае для маладых навукоўцаў магчымасць хуткага прафесійнага росту, атрымання досведу ўдзелу ў вялікіх, часта міждысцыплінарных, міжнародных камандах, а таксама суаўтарства ў публікацыях па прарыўных напрамках сусветнай навукі.

Супрацоўнікі інстытута ўдзельнічаюць і ў адукацыйным працэсе, перадаючы веды студэнтам беларускіх універсітэтаў. Так, навуковая школа існуе не толькі праз праекты і публікацыі, але і праз новае пакаленне даследчыкаў.

## 1100 АРТЫКУЛАЎ І НЕ ТОЛЬКІ

За апошнія пяць гадоў супрацоўнікі інстытута апублікавалі больш за 1100 навуковых артыкулаў, 10 манаграфій і зборнікаў прац. Інстытут рэгулярна арганізуе міжнародныя канферэнцыі па нанаэлектрамагнетызме, дэтэктарных матэрыялах, ядзернай фізіцы, ядзернай апаратуры, фізіцы мікрасвету і матэрыялазнаўстве.



А. В. Літомін, У. А. Чахоўскі  
(НЦ ФЧВЭ БДУ / НДІ ЯП БДУ)

Навуковая актыўнасць спалучаецца з практычнай запатрабаванасцю распрацовак. На кожны рубель, вылучаны з дзяржаўнага бюджэту на даследаванні, інстытут дадаткова прыцягвае не менш як тры рублі ад арганізацый, зацікаўленых у выніках працы. Штогадовы экспарт высокатэхналагічных тавараў і навукаёмістых паслуг складае ад 1 да 2 мільёнаў долараў ЗША.

За гэтымі паказчыкамі стаяць канкрэтныя праекты: прыборы радыяцыйнага кантролю, распрацоўкі для CERN і NICA, матэрыялы і дэтэктары, камп’ютарныя мадэлі для ядзернай энергетыкі. Так фундаментальная навука атрымлівае працяг у эканоміцы і тэхналогіях.

## ГАЛОЎНАЕ ДАСЯГНЕННЕ – ЛЮДЗІ

За чатыры дзесяцігоддзі інстытут не раз пашыраў даследчую тэматыку. Ад ядзернай опыты і фізікі ўзаемадзеяння часціц з крышталямі ён прыйшоў да нанатэхналогій, матэрыялаў, астрафізікі, міжнародных паскаральных эксперыментаў і задач ядзернай бяспекі. Але дырэктар інстытута лічыць галоўным дасягненнем не асобную распрацоўку:

– Галоўнае дасягненне – гэта захаванне і пастаяннае развіццё калектыву НДІ ЯП БДУ.



Адронны каларыметр усталёўкі  
CMS, CERN

Паводле яе слоў, менавіта спалучэнне шырокага спектра даследаванняў і пастаяннай падрыхтоўкі маладых кадраў стварае аснову ўстойлівага развіцця:

– Унікальная атмасфера навуковай творчасці і дух навуковага братэрства, якія сфарміраваліся ў яго маладым калектыве ў перыяд станаўлення інстытута 40 гадоў таму і падтрымліваюцца намаганнямі супрацоўнікаў усе гэтыя гады, таксама з’яўляецца моцным фактарам, які забяспечвае прыцягальнасць працы ў НДІ ЯП БДУ для маладых людзей.

## СОРАК ГАДОЎ – НЕ КРОПКА

Сёння інстытут ужо нельга ўспрымаць толькі як падраздзяленне, створанае для рашэння задач свайго часу. Ён захаваў сувязь з фундаментальнай фізікай, але навуковы профіль стаў значна шырэйшым. Ён уключае сучасныя матэрыялы, нанатэхналогіі, мікраэлектроніку, астрафізіку, вылічальныя метады, прыборабудаванне, радыяцыйную бяспеку. І, магчыма, менавіта здольнасць мяняцца, не губляючы навуковага ядра, стала адным з галоўных вынікаў гэтых чатырох дзесяцігоддзяў.

У рэтраспектыве развіцця НДІ ЯП гэта асабліва заўважна. Поспех інстытута, лічыць Юлія Фядотава, у многім залежаў ад здольнасці разумець напрамак навуковага прагрэсу і адначасова адчуваць патрэбы грамадства і дзяржавы. Таму будучыня інстытута звязана не з адным загадзя вызначаным праектам, а з працягам той жа логікі: развіваць моцныя навуковыя школы, сачыць за сусветнымі напрамкамі навукі, ствараць уласныя тэхналогіі і рыхтаваць людзей, якія змогуць працаваць з задачамі наступнага дзесяцігоддзя.

Калі ўявіць інстытут яшчэ праз дзесяць ці трыццаць гадоў, дырэктар бачыць яго не проста буйнейшым ці больш абсталяваным:

– Мы жадаем бачыць інстытут усё больш яркай кропкай на навуковай карце свету – месцам, дзе нараджаюцца навуковыя вынікі міжнароднага ўзроўню; месцам, куды імкнуцца маладыя людзі для правядзення першакласных навуковых даследаванняў і выканання перадавых навукова-тэхнічных распрацовак; месцам, дзе падтрымліваецца высокі ўзровень сучасных ведаў у ядзернай галіне, якія забяспечваюць высакаякасную экспертызу для гарантвання бяспекі і развіцця нашай краіны.

У гэтай фармулёўцы і ёсць галоўны сэнс юбілею. Сорок гадоў таму інстытут ствараўся таму, што маштаб навуковых задач перастаў змяшчацца ў рамкі адной кафедры. Сёння яго праца выходзіць далёка за межы аднаго ўніверсітэта і адной краіны – у міжнародныя эксперыменты, на паскаральнікі, у космас, у сучасныя тэхналогіі і сістэмы забеспячэння бяспекі ў галіне ядзернай энергетыкі.

Пры гэтым за ўсімі вялікімі назвамі – CERN, LHC, CMS, NICA – застаюцца людзі. Тыя, хто ствараў першыя ўстаноўкі, будаваў навуковую школу, працаваў пасля Чарнобыля, праектаваў дэтэктары і рэзанатары, распрацоўваў матэрыялы, пісаў праграмы, апрацоўваў дадзеныя і перадаваў досвед наступнаму пакаленню. Менавіта гэтая праца ператварае гісторыю НДІ ЯП з набору дасягненняў у гісторыю навуковага развіцця. Гісторыю інстытута, які за чатыры дзесяцігоддзі навучыўся працаваць з задачамі ўсё большага маштабу – і разам з імі працягвае пашыраць уяўленне пра тое, на што здольная беларуская навука.