



ЛОКТЄВ
Вадим Михайлович —
академік НАН України

ЧИ Є ЗАСТОСУВАННЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛОДАМИ ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ?

У статті автор ставить проблему взаємозв'язку фундаментальної та прикладної науки, розмірковує над їхньою роллю в науково-технічному прогресі людської цивілізації. Враховуючи, що в умовах повномасштабної війни в Україні природно посилилася увага до прикладних досліджень і знизилася підтримка фундаментальної науки, автор, однак, на численних історичних прикладах доводить, що найвизначніші технічні досягнення є наслідком саме фундаментальних відкриттів. У підсумку зроблено висновки, що без розвитку фундаментальної науки неможливі ні прикладні досягнення, ні сталий довгостроковий прогрес держави.

Найбільший з уроків історії полягає в тому, що ніхто не здобуває з них уроків.

Георг Вільгельм Фрідріх Гегель

Дискусії, які часто виникають у різних академічних спільнотах щодо ролі прикладних досліджень, або, як кажуть, прикладної науки, далеко не нові, але вони помітно загострилися під час незрозумілої будь-якій притомній людині агресії Московії проти України. В мирний час усі галузі науки функціонували в нормальному режимі, а так звані прикладні розробки були переважно результатом роботи підприємств або галузевих інститутів зі сфери інженерії, техніки й технологій. На думку багатьох дослідників, саме ці прикладні застосування наукових розробок і є рушіями прогресу. При цьому обидві складові наукової сфери — фундаментальна і прикладна наука — існують певною мірою паралельно, без прямої взаємодії одна з одною, хоча друга є одним зі «спонсорів» першої.

Російсько-українська війна миттєво і радикально змінила таку організацію. Тепер, зважаючи на постійну велику потребу в озброєнні та військовій техніці, чимало авторитетних фахівців, які раніше приймали наявну систему й успішно працювали в ній, палко ратують за тотальний перехід до виключно прикладної науки, не залишаючи місця для фундаментальної. Наприклад, останнім часом Президія НАН України на своїх засіданнях заслуховує переважно лише ті питання, які мають

оборонне значення чи принаймні на пряму дотичні до цієї тематики. Та й загалом можливість застосування в секторі безпеки та оборони фактично перетворилася на головну вимогу до промислової продукції, що претендує на отримання будь-якої підтримки, насамперед фінансової. І хоча я з таким підходом не згоден, сперечатися складно, тим більше, що в таких справах певну роль відіграють і не завжди чітко визначена термінологія, і апіорна точка зору. Тому в цьому дописі я хотів би поділитися власними думками щодо прикладної науки та її цивілізаційної ролі.

Чи існує прикладна наука? Дозволю собі почати з протилежного твердження, а саме: головним рушієм прогресу цивілізації є не прикладні застосування наукових розробок, а «ігри розуму». Найбільш відомим і наочним прикладом є результат «гри розуму» Дж. Максвелла, що дав людству електрику, без якої сьогодні неможливо уявити наше життя. Або, здавалося б, нікому не потрібні в сенсі практичного застосування спостереження і вивчення блакитного неба з далекими і близькими зорями, насамперед гарячим Сонцем, які допомогли створити найпотужніші бомби. Зрештою, взагалі стало очевидним, що безпека будь-якої країни ґрунтується не на застосуваннях, а на підвищенні рівня освіти і цілеспрямованій увазі до *фундаментальної науки*¹.

Серед інших переконливих прикладів — успіхи генетики і біохімії, які забезпечили продовольством населення нашої планети, хоча А. Гітлер у «*Mein Kampf*» доводив, що цього можна досягти лише збільшуючи території через «*загарбання нових земель на Сході Європи*», де є українські чорноземи, а також різноманітні корисні копалини. У минулому столітті це було ключовою метою нацистів, а тепер —

рашистів. І знову ж таки, видатне досягнення з подолання проблеми голоду як вікового лиха людства не є результатом прикладної науки. Це безпосередній наслідок розвитку сільськогосподарської науки, яка впевнено стала на рейки фундаментальних відкриттів у генетиці.

Плоди фундаментальної науки визрівають дуже повільно, навіть повільніше, ніж поглиблюються самі фундаментальні дослідження. Недарма французький мікробіолог Луї Пастер, який створив вакцину проти сказу, говорив, що немає ніякої окремої прикладної науки: «*Є наука² та плоди її застосування в житті. Вони визрівають довгими десятиліттями, і жодна людина, навіть фахова, не може передбачити, яка наука чи який її напрям виявляться плодоносними*».

Дійсно, зробити таке передбачення практично неможливо, позаяк рух науки на її фронті є дуже неоднорідним³, його швидкість залежить і від суспільного інтересу до нового знання, і від матеріальної підтримки з боку можновладців. Нагадаю, що від появи в 1925 р. парадоксальної для «здорового глузду» *квантової механіки* до усвідомлення можливості ланцюгових реакцій минуло лише 14 років, і вже через 6 років два японських міста згоріли в страшному полум'ї некерованого ядерного поділу, що містило до того ж різні шкідливі для живої і неживої природи випромінювання. А менш ніж десять років потому — в 1953 і 1954 рр. — термоядерну реакцію перетворення водню на гелій (реакцію термоядерного синтезу), яка є перманентним джерелом енергії зір (зокрема, й нашого Сонця), здійснили на Землі незалежно одна від одної команди американських і радянських вчених, переважно фізиків і хіміків⁴, щоправда в

² Звісно, фундаментальна, якою і є будь-яка наука.

³ Як правило, цей рух супроводжується проривами на науковому фронті там, де їх ніхто не чекає. До прикладу, існування фулерену не допускалося правилами молекулярної симетрії, а високотемпературні надпровідники виявилися настільки поганими металами, практично діелектриками, що роками залишалися поза увагою навіть знаних фахівців.

⁴ Хочу звернути увагу на обставину, яка чомусь не стала загальновизнаною (принаймні не привертає увагу): здавалося б, вчені, які створювали найсучасніше

¹ У цьому сенсі дуже тривожним є те, що депутатський корпус Верховної Ради України, мабуть, забувши відомий вислів Іммануїла Канта, що «в кожній природничій науці міститься стільки істини, скільки в ній математики», нещодавно запропонував вилучити з національного мультимедійного тесту математику, що в разі прийняття призведе не до підвищення рівня освіти, а до розумової відсталості випускників шкіл.

режимі короткочасного вибуху. Для створення потужних руйнівних бомб цього виявилось достатньо, а от зробити надшвидкісні ланцюгові реакції керованими, щоб мати можливість більш-менш рівномірно відбирати продуковану ними енергію для мирного використання, поки що не вдається. Пояснення тут просте — відповідні експериментальні роботи не мають необхідного рівня фінансування. Водночас ніхто не сумнівається, що рано чи пізно поставлену мету буде досягнуто, оскільки відповідний процес (явище) природі не суперечить, необхідне лише запропонувати адекватну йому фізичну модель.

Озброєння і цивілізація безкорисливої цікавості. Наступне твердження є менш очевидним: практично все, без чого ми не уявляємо комфортне життя сучасної людини в розвиненому суспільстві, є прямим результатом *цікавості* вчених, які, крім задоволення від самого процесу пізнання, жодних інших цілей, зокрема й корисливих, не мають. Звісно, вченим не чужі різні людські почуття та емоції, але прагнення користі від свого інтересу вони позбавлені. При цьому *безкорислива цікавість* проявляється, зокрема, в тому, що кожен із нас, вмикаючи світло в кімнаті, навіть не згадує, що приблизно 200 років тому данський фізик Ганс Ерстед експериментально відкрив явище відхилення магнітної стрілки при її наближенні до провідника, по якому тече електричний струм. Цими доволі простими на перший погляд, але глибокими за змістом вимірювання-

озброєння, займалися ні чим іншим, як прикладною наукою (застосуваннями). Втім, це не так. Насправді вони вивчали *фундаментальні явища*, на основі яких намагалися і зрештою змогли описати фізичні процеси, що задають характер перебігу ядерних або термоядерних реакцій. Реалізацію цих процесів у реальних умовах, розроблення конструкцій виробів та їхній технічний дизайн забезпечили інші люди — інженери, техніки, технологи, але нікому з них не спадало на думку говорити, що вони займаються наукою, нехай і прикладною. Так, їхня робота також була творчою, як, скажімо, й поезія, але саме наука (чому додатково інколи сприяє завіса секретності навколо неї), а не поезія є справжньою *«іздою в незнане»*. Звісно, я дещо спростив картину, але принцип є саме таким.

ми зацікавився Дж. Максвелл і математично описав їх за допомогою запропонованих ним у 1855—1864 рр. рівнянь, які згодом назвали його ім'ям і які поєднали електрику та магнетизм. З висоти сьогодення дещо дивно виглядає короткозорість людства та його мислителів, які протягом майже пів століття не розуміли, для чого потрібне таке об'єднання, і розглядали його лише як «ігри розуму». Ставлення почало потроху змінюватися, коли в містах Європи з'явилися перші трамваї — для їхнього руху використовували електродвигуни, живлення яких розраховували на базі рівнянь Максвелла. Тому без перебільшення можна стверджувати, що «гра розуму» Дж. Максвелла окупила всі витрати на науку на сотні років наперед.

Зрештою, саме фундаментальній науці, або тим самим «іграм розуму», Європа зобов'язана своїм процвітанням. Наші нинішні керманічі *de jure* також визнають важливість наукових досліджень для України, віддаючи при цьому пальму першості науці прикладній, а *de facto* і без того мізерне фінансування наукової сфери впродовж усіх років незалежності лише зменшується. Ба більше, безперервне «реформування» науки і освіти, особливо середньої, у підсумку сприяє лише падінню рівня освіченості, якщо під ним розуміти знання *законів* природи.

З боку нашого суспільства немає належної уваги до праці вчених, а їхню сміхотворну заробітну плату навіть соромно озвучувати (вона помітно поступається середній у регіонах). Водночас держава, яка в особі чиновників, політиків, депутатів та іншого «начальства» допускає принизливе шельмування своїх експертів, неминуче виявиться беззахисною перед зовнішніми викликами, а також перед різного роду шарлатанами, плагіаторами, які продерлися на високі посади і до безпеки країни байдужі.

Від деяких зовнішніх проблем нас захищає насамперед українська армія, але й вона потребує безперервного і швидкого вдосконалення озброєння та військової техніки. Державні мужі добре знають, що бомби «падають з неба», проте, напевно, не свідомі того, що їхня поява зумовлена передусім вивченням «нікому не потрібної» ядерної фізики гарячих зір,

якою до 1939 р. цікавилися лише кілька десятків диваків, а комуністичний режим відкривав на них кримінальні справи, як відомо з історії Харківського фізико-технічного інституту, роками тримав у таборах і навіть знищував за ухилення від виконання важливих для країни завдань з будівництва соціалізму.

Прогрес самої ядерної фізики визрівав на базі поступового розвитку квантової теорії джерел енергії, які ефективно генерують її протягом мільярдів років. Надалі прийшло розуміння тонкощів ядерних перетворень, що відбуваються в зорях, і це дозволило сконструювати не лише ядерну (уранову), а й термоядерну (водневу) бомби, принципи роботи яких абсолютно різні, що є безсумнівним досягненням фундаментальної фізики.

Якщо говорити про світову безпеку, то ядерна зброя (яку ми свого часу безрозсудно віддали Московії, наївно повіривши, що лише там вона буде під необхідним наглядом, а тепер чуємо погрози щодо її застосування проти нас) є надійним гарантом суверенітету будь-якої країни. Для нас це і *незалежність*, і збереження *української ідентичності*, тобто мови, культури, історії, віри, і позбавлення від, на жаль, глибоко вкоріненого в кожному з нас ще з радянських часів *комплексу імперської неповноцінності* й хибного уявлення про *власну неспроможність* будувати сильну, авторитетну державу.

Усе перелічене, як на мене, нам під силу захистити лише маючи сучасне озброєння, яке можуть створювати і яким можуть керувати тільки високоосвічені люди. Жодний фантаст не в змозі передбачити принципи, на яких у майбутньому будуватимуться зразки новітнього озброєння, але ці принципи точно вже зараз зароджуються десь у надрах *фундаментальної* науки. І з'являться вони не завдяки тим чи іншим «інноваціям», а як *побічні* продукти фундаментальних знань, чим по суті і є ядерні та термоядерні бомби, бойові лазери, системи радіоелектронної боротьби, керовані балістичні ракети, різного роду безпілотні літальні апарати тощо. Інакше кажучи, лише фундаментальні дослідження були й залишатимуться рушієм цивілізаційного вдосконалення людства.

Хто винен і що робити? Два споконвічних питання, відповіді на які розумні люди шукають не для того, щоб когось покарати (або, як тепер кажуть, застосувати санкції), а для того, щоб проаналізувати зроблені помилки. Практично це стосується і науково-освітньої сфери України. Здобута незалежність так і не стала рушієм звільнення від радянщини, що нав'язувала НАН України розвиток переважно технічних та інженерних напрямів, поштовхом для переходу до сучасної, мобільної академічної структури, в діяльності якої не потрібно шукати пріоритети, оскільки він завжди один — *фундаментальні дослідження*. Коли я намагаюся привернути увагу до цього питання, мені відразу приписують бажання розвалити Академію. І це правда, але слід уточнити: не «розвалити», а «модернізувати», оскільки які б повоєнні зміни ми не планували, головною залишиться її реформування. Втім, відкриті дискусії на цю тему вважаю дуже корисними.

Велику проблему вбачаю також у тому, що правові й адміністративні важелі керування технологічним та науково-освітнім секторами перебувають у руках гуманітаріїв за освітою або людей з гуманітарним стилем мислення — політиків, депутатів, їхніх помічників тощо. Такий характер організації призводить до того, що технократи, попри всі їхні досягнення, ніяк не можуть вплинути на рішення гуманітаріїв, оскільки спілкуються вони різними «мовами». Наприклад, намагання технократів зробити щось предметне на полі фундаментальних наукових пошуків гуманітарії зазвичай розцінюють як абсурдні пропозиції і фінансове марнотратство. З огляду на це певною мірою стає зрозумілим, що потрібно робити в ситуації, яка сформувалася впродовж багатьох років, — спокійно і без ажіотажу домагатися балансу між керівниками науково-освітньої галузі з природничою і гуманітарною освітою. На мою думку, Академія могла б виступити з подібною ініціативою там, де це буде доречним.

Зрештою, ми стали свідками кризи в освітній галузі, проблеми якої починаються з середньої школи і продовжуються у вищій. Несподівано виникла та наростає гостра суспільна критика

шкільних математичних програм — мовляв, вони незрозумілі і немає потреби майже щороку складати відповідні іспити, оскільки це надто важко для учнів, а тому слід взагалі виділити математику з переліку обов'язкових шкільних дисциплін. Ті, хто пропонують такі нововведення, на жаль, не розуміють, що при цьому рівень математичних знань у тих, хто хоче їх здобувати, також неминуче знизиться, а отже, впаде рівень фундаментальної підготовки інженерів і технологів. Варто пам'ятати, що втрата навіть невеликого числа освічених людей, які знаються на законах природи, є небезпечною для всіх, а відновити його буде надзвичайно складно, якщо взагалі можливо. І це може виявитися критичним для більшості позитивних сценаріїв повоєнного розвитку України.

Закордон нам допоможе? Підкреслюючи важливість фундаментальної науки для посилення обороноздатності держави, не можна обійти увагою таку характерну особливість нинішнього наукового життя, як істотне посилення міжнародних зв'язків. Вони отримали додатковий «імпульс» завдяки бажанню різних країн підтримати наукову сферу України, яка зазнала великих руйнувань внаслідок агресії московитів, зумовленої їхнім нестримним прагненням відновити СРСР. У межах допомоги нам безоплатно було передано високовартісні, хоча й вживані прилади, реагенти та витратні матеріали, завдяки чому українські вчені мають змогу продовжувати свої дослідження, зокрема й спільні із західними колегами. Однак чимало провідних українських науковців покинули батьківщину і наразі працюють за персональними запрошеннями в європейських або американських університетах. І перше, і друге є формами підтримки вітчизняної науки, спрямованими на хоча б часткове відновлення наукового потенціалу.

За наявності грошей, звісно, можна купити готове імпортне обладнання, яке задовольнить сьогодишні, а можливо, навіть і завтрашні вимоги щодо точності та якості вимірювань, однак «післязавтра» це обладнання вже застаріє. Про цю обставину слід пам'ятати, якщо спира-

тися не на виробництво власної техніки, а лише на її закупівлю. Тому вважати, що закордонні виробники розв'яжуть усі наші проблеми, було б принаймні недалекоглядно⁵.

Мені також неясно, чому ми не переймаємо американський досвід нерозривної *інтеграції* науки і вищої освіти. Щось робимо в цьому плані, але якось кулуарно і непрофесійно, без помітного змінення навчального процесу, хоча таке об'єднання відповідає вимогам часу і очевидно є більш продуктивним, ніж наявна у нас модель.

Вважаю, що в ситуації, коли молодь з об'єктивних і суб'єктивних причин не прагне здобувати вищу природничу освіту і надалі працювати в науці, їй потрібно не лише давати ази знань, а й знайомити з останніми науковими досягненнями, що можна зробити лише спільно з тими, хто здійснює реальні дослідження. Це буде неприпустимою помилкою і крахом усіх надій на розвиток України, якщо нові покоління остаточно втратять інтерес до науки. Проблема ця непроста, і її вирішення потребує довгострокової стратегії та продуманих спеціальних заходів, насамперед з боку державних органів.

Необхідною, хоча й не достатньою умовою збереження власної науки (а отже, і освіти) є конкурентоспроможна на ринку праці заробітна плата науковців. Справжній дослідник зазвичай не думає про «царські» хорони, але відсутність даху над головою і неможливість прогодувати сім'ю дуже заважають творчій роботі. Не здивуюся, якщо виявиться, що в Україні праця науковців є *найменш* оплачуваною серед інших професій. Натомість бути високим чиновником або бюрократом у компетентних органах надзвичайно вигідно, оскільки їхні доходи в рази більші. Молоді люди це прекрасно бачать і враховують, обираючи свій майбутній фах. Смішно, але при цьому багато хто з чиновників прагне здобути науковий ступінь або

⁵ Це випливає також з оприлюднених у ЗМІ заяв лідерів деяких європейських держав, що війна для них є вигідною, хоча причини вони називають різні, оскільки кожна країна дбає насамперед про свої інтереси.

вчене звання, щоб мати невеликий, але престижний бонус, називаючи себе вченим.

Проші, необхідні для того, щоб вчені не микалися в пошуках додаткового заробітку і не думали, куди б поїхати, насправді невеликі. Проте забезпечення експериментів і спостережень потребує набагато більшого фінансування, оскільки сучасні прилади, як правило, є дуже високовартісними продуктами промисловості, і без західної допомоги ми навряд чи зможемо істотно поліпшити наші дослідницькі можливості. Сподіватися, що в недалекому майбутньому в Україні з'являться нові прискорювачі, синхротрони, телескопи, наднизькотемпературні кріостати, не доводиться. На таких приладах можна працювати лише за кордоном. Натомість *нормальна* заробітна плата дозволить вченим працювати у своїй країні, а не намагатися будь-що покинути батьківщину.

І все ж головна мета цієї статті полягає не в тому, щоб дати загальну оцінку ситуації в науковій сфері, а в тому, щоб нагадати: без *фундаментальної науки* не буде і прикладної, не буде необхідного для країни проникнення наукових досягнень у життя і свідомість громадянського

суспільства. Це не гасло, а свідчення історії науки, яка стверджує, що фундаментальні знання проявляють себе не щодня, а тоді, коли виникають принципові питання щодо природи і причин різних подій⁶.

Слава Україні!

⁶ Повчальний приклад — катастрофа американського багаторазового транспортного корабля «Челленджер» у 1986 р., в якій загинули 8 астронавтів, і запрошення видатного фізика-теоретика Річарда Фейнмана в Комісію зі з'ясування причин трагедії. Р. Фейнман, який ніколи не займався конструкціями космічних апаратів, але чудово знав фундаментальні закони фізики, підійшов до розслідування нестандартно. Спираючись на спостережувані факти, а не на бюрократичні звіти Комісії, він довів, що фізичною причиною руйнування корабля стали не запроєктовані інженерами і конструкторами вади ракетно-носія або, що теж могло бути, людський фактор, а ущільнювальні кільця твердопаливних прискорювачів, які втратили еластичність через тривалу аномально низьку температуру атмосфери. Тобто творцям найсучаснішої техніки бракувало фундаментальних знань, але фізику Р. Фейнману інженерні знання не знадобилися. Висновки нехай кожен робить сам.

Vadim M. Loktev

Bogolyubov Institute for Theoretical Physics National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0673-4174>

IS THE APPLICATION OF SCIENTIFIC RESULTS THE FRUIT OF APPLIED RESEARCH?

In the article, the author raises the problem of the relationship between fundamental and applied science, reflects on their role in the scientific and technological progress of human civilization. Considering that in the conditions of a full-scale war in Ukraine, attention to applied research naturally increased and support for fundamental science decreased, the author, however, using numerous historical examples, proves that the most significant technical achievements are the result of fundamental discoveries. As a result, the conclusion is made that without the development of fundamental science, neither applied achievements nor sustainable long-term progress of the state are possible.

Cite this article: Loktev V.M. Is the application of scientific results the fruit of applied research? *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2026. (7): 83—88. <https://doi.org/10.15407/visn2026.07.083>