

ІНСТИТУЦІЙНІ ВИКЛИКИ ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ ЯК КРАЇНІ З ПЕРЕХІДНОЮ ЕКОНОМІКОЮ



Герсон С. Шер
доктор філософії,
член Міжнародної
консультативної ради
Національного фонду
досліджень України та член
редакційної колегії журналу
«Світогляд».

Він керував співробітництвом
у сфері фундаментальної науки
між Сполученими Штатами та
колишнім Радянським Союзом
для Національної академії наук
США, Національного наукового
фонду, Міжнародного наукового
фонду Джорджа Сороса
та був резидентом-засновником
CRDF Global,
США

ВСТУП

У цьому есе я докажу, що успішна політична основа передачі технологій в Україні, як і в інших країнах, які відійшли від централізованої радянської економічної системи, потребує інституційної адаптації, гнучкості та змін; відкритості новим моделям взаємодії науки, освіти та промисловості; вивчення успішних підходів до трансферу технологій в інших країнах; динамічної взаємодії між категоріями «згори вниз» та «знизу вгору» і глибокого перегляду державницької моделі та мислення, які Україна, серед іншого, успадкувала від радянського минулого.

Безпосередня та поточна потреба України у впровадженні передових технологій у виробництво переважно орієнтована на оборону. Важливо розуміти, що існують суттєві відмінності у характері розвитку технологій для оборонного та цивільного секторів. Основна відмінність полягає в тому, що оборона має одного замовника – державу. Отже, коли уряд встановлює цілі для оборонних досліджень і розробок, цей процес, як правило, має контрактний і неконкурентний характер. У сучасній ринковій економіці, навпаки, розвиток технологій носить висококонкурентний і ринковий характер, що вимагає інновацій не лише в розробці продуктів, але також (що важливо у цих країнах) в інституційному розвитку та змінах.

Ось чому було б помилкою будувати національну модель політики трансферу технологій на основі сучасних військових потреб. Більш широкою метою розвитку технологій та показником його успіху є задоволення широкого спектру людських потреб шляхом їхньої відкритої доступності на світовому ринку. Військовий, державницький, контрактний підхід мало годиться для цієї мети. Дійсно, одним із найкращих прикладів цієї умови можна назвати економіку СРСР, яка була досить результативною у військових дослідженнях, розробках та виробництві, але абсолютно неадекватною у випадку невійськових інновацій. У економіці, що динамічно розвивається, експлуатація військових технологій часто поширюється на цивільний сектор, створюючи революційні розробки, такі, як телебачення та Інтернет. У системах військового призначення, з їхньою характерною суворістю роздробленістю і секретністю, між ними рідко відбувається дублювання.

ПРО ТЕРМІНОЛОГІЮ

Почну з термінології. Я хотів би, щоб російськомовний термін «внедрение» (впровадження) – лінгвістична парадигма «передачі технологій», – яка використовувалася в радянську епоху, був вилучений зі словника. Цей термін відображає жорсткий, державницький, одновимірний погляд на процес технологічних інновацій. Він не помічає важливості «ринкової тяги», яка є важливим елементом інновацій у сучасній ринковій економіці. На щастя, в українській мові є термін «використання», що набагато більше сприяє продуктивному мисленню. Навіть краще, на мій погляд, ніж «передача»¹.

¹ Було б цікаво дізнатися про історичну етимологію цього терміну в українській мові. Я припускаю, що російськомовний термін «внедрение» був загальноживаним в Україні до 1991 року відповідно до радянської моделі. Інакше два терміни – «внедрение» і «використання» – мають настільки різні конотації, аж здається малоімовірним, що вони будуть використовуватися як синоніми, розумітися як прямі лінгвістичні еквіваленти.

Іншим важливим терміном є «*комерціалізація технологій*». «*Передача*» стосується лише частини процесу, а саме вбудовування технології у фізичний продукт. Однак тут відсутня впевненість, чи вдасться цьому продукту залучити інвесторів, покупців і кінцевих користувачів. Крім того, «*передача*» передбачає еволюційну, лінійну парадигму між дослідженнями та кінцевим використанням, а це є простою карикатурою на те, що відбувається насправді. Найчастіше використання технології є нелінійним і руйнівним. Це мало має спільного з початковим уявленням дослідника чи винахідника. Крім того, термін «*комерціалізація*» має ту перевагу, що він втілює власну ознаку: успіх на ринку. Якщо ви виробляєте щось із використанням найпередовіших у світі технологій, але це не приваблює покупців та інвесторів або не є економічно конкурентоспроможним, велика ймовірність, що світ ніколи не побачить цього «щось».

ІНТЕРФЕЙС ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ІННОВАЦІЙ

Об'єктивна реальність в роботі вчених-дослідників полягає в тому, що вони зазвичай найменше передбачають, яким чином їхня власна робота може принести соціальну та економічну користь. Це часто залишається на розсуд іншим – промисловим корпоративним установам чи індивідуальним підприємцям, які краще уявляють успішні результати для себе з простої причини: вони знають ринок, вони ближче до інвесторів капіталу та знають, на що ті будуть, а на що не будуть реагувати. Крім того, вони знають, як розробити продукт від початку до кінця. Талановитий підприємець зможе відрізнити втілену технологію в концепції чи прототипі, розробленому вченим, від технічного потенціалу вченого та його роботи з розробки продуктів, про які той ніколи не й не думав. Однак через відсутність підприємців в цій моделі відсутня й критична ланка.

Технологічні підприємці – це сміливі люди з приватного сектору, які «*мислять немисливо*» і, як правило, не є науковцями. Вони готові взяти значні особисті витрати, вірячи, що їхнє бачення товарного продукту підкріплене унікальними технічними можливостями видатних учених. Це – особлива порода людей. Вони процвітають на ризикі і зовсім не схожі на вчених, які шукають передбачуваності та визначеності. Успішного високотехнологічного «*серійного підприємця*» часто називають людиною, яка тричі зазнала невдачі і досягає успіху в четвертий раз. Їх інституційним середовищем є малі високотехнологічні підприємства, які в розвинених країнах вважаються «*двигуном*» технологічних інновацій.

Термін «*інновація*» найповніше охоплює всю сферу діяльності, пов'язану з адаптацією технологій до нових ідей, процесів і продуктів. Інновації передбачають отримання нових знань, удосконалення існуючих технологій і комерціалізацію нових ідей. У випадку з перехідною економікою, як зазначено вище, це так само нагадає нам, що економічні інновації також вимагають інституційних інновацій та змін. На відміну від бюрократичних інституцій і систем, що йдуть зверху вниз, які обслуговували радянську державу в оборонному секторі, будь-яка нова конфігурація має бути достатньо гнучкою, щоб адаптува-

тися до потреб ринкового суспільства та пристосуватися до нових, динамічніших структур та форм діяльності, які є типовими для країн з розвинутою ринковою економікою.

Уряди відіграють значну роль у цьому виді технічних інновацій, особливо в плані стимулювання підприємницьких починань зі скромним фінансуванням і встановлення зв'язків між дослідженнями та комерціалізацією. Однак це краще робити не лише «*зверху вниз*», як у етатистських економіках, але також «*знизу вгору*».

Одним із найвідоміших прикладів підходу «*знизу вгору*» до технологічних інновацій, що підтримується державою, є американська програма SBIR (Small Business Innovation Research – Дослідження інновацій у сфері малого бізнесу). SBIR є чудовим прикладом того, як уряд і «*суспільство*» можуть працювати разом як зверху, так і знизу. У загальному плані кожна державна агенція з дослідницьким бюджетом 100 млн доларів або більше юридично зобов'язана виділяти певну суму (у 2024 році 3,2 %) свого наукового бюджету на конкурсні гранти для партнерства між некомерційними дослідницькими установами (як правило, університетами) та малими підприємствами (в широкому сенсі визначеними як комерційні підприємства з 500 працівниками або менше). Фінансові агенції присуджують конкурсні нагороди проектам, розробленим спільно дослідником і комерційним підприємством.

Проекти SBIR складаються з трьох етапів з послідовним зменшенням державного фінансування та збільшенням приватного. Перехід до наступного етапу залежить від підтвердженого успіху в попередньому. На першому етапі SBIR – етапі дослідження та «*підтвердження концепції*» – частка державного фінансування є найбільшою, частка приватного внеску малою. Друга та третя фази зміщують фокус на значно дорожчу фазу розробки, а потім – на комерціалізацію. Відбувається збільшення приватних інвестицій та зменшення державного фінансування. SBIR та його аналог STTR (Small Business Technology Transfer – Трансфер технологій малого бізнесу) були надзвичайно популярними та ефективними у стимулюванні інновацій. Під час моєї роботи в NSF (National Science Foundation – Національний науковий фонд США) вчені зі Східної Європи (але не з СРСР) дуже хотіли зустрітися з персоналом SBIR і дізнатися про програму².

Іншою важливою інституційною формою у світі малого бізнесу, особливо стартапів, є інкубатори та акселератори. Фінансовані приватно венчурними капіталістами та іншими інвесторами, вони виступають як «*безпечні місця*», де дослідники можуть розробляти та тестувати для застосування та дослідження перспективні технології, а також вивчати потенційні можливості широкомасштабного інвестування на основі їхнього успіху. Успіх – не гарантований, а невдача не бентежить. Подібно до SBIR дослідники (на ранній стадії, як правило, це вчені та інженери) можуть експериментувати на межі між дослідженнями та інноваціями разом із технологічно інтенсивними підприємствами, які бажають шукати та перевіряти технічні таланти та нові ідеї з невеликим початковим ризиком. Проте, на відміну від SBIR і STTR, фінансування інкубаторів надходить не від уряду чи промисловості, а від приватних інвесторів.

² Пропозиції SBIR надходять від дослідницької (некомерційної) сторони науково-промислового партнерства. У STTR проект подає малий бізнес у партнерстві з некомерційною дослідницькою установою.

У випадку великих установ загальною практикою є наявність посередницької організації між науково-дослідною установою та великою комерційною компанією. Це «офіси трансферу технологій» (ТТО), які існують у кожному великому університеті та інших установах, навіть у державних лабораторіях (про які докладніше нижче). Їхня робота полягає в детальному ознайомленні з передовими дослідженнями в університеті чи лабораторії, а також в пошуках можливості для комерціалізації через контакти з корпораціями та через власні знання ринку. Подібні офіси надають юридичні рекомендації та допомогу в складанні угод між юридичними особами, керують інтелектуальною власністю, що є результатом будь-якого винаходу, і подають (або вирішують не подавати) патентні заявки до уряду³. Як і у випадку з фізичними особами-підприємцями в ТТО, як правило, працюють не вчені та інженери, а економісти, юристи та особи зі значним досвідом роботи в галузі. ТТО є важливим зв'язком між дослідженнями та промисловістю для великих установ. Вони також є і в оборонних науково-дослідних агентствах, де відшукують надзвичайно важливі малі підприємства і великі корпорації для адаптації творчих ідей науковців, які фінансуються оборонними службами (як в університетах, так і у внутрішніх оборонних дослідницьких лабораторіях) для оборонних цілей.

У попередній дискусії слово «університети» виділяється неспроста. Університети є критично важливою ланкою в процесі дослідження, застосування та комерціалізації. У більшості розвинених країн вони є основною ланкою. Чому? По-перше, тому що вони є основними виконавцями фундаментальних і навіть прикладних досліджень, що фінансуються з федерального бюджету. По-друге, у них є студенти. Від бакалаврату до постдокторських досліджень університети вирощують найкращих і найталановитіших вчених та інженерів. Дослідження та освіта тут глибоко інтегровані – на відміну від радянської моделі, де дослідження та освіта були поділені на два окремі дуже та різні «бункери». Університети також можуть укласти угоди з приватними компаніями про обмін кадрами – тимчасово розміщувати студентів і навіть викладачів у комерційних компаніях, а фахівців з таких компаній – в університетах. Розвиток цих особистих стосунків і прямого досвіду є ключовим компонентом процесу передачі технологій.

Нарешті, кілька слів про оборонні дослідження, які знаходяться в колі моїх особистих знань. У Сполучених Штатах існують три основні напрямки: дослідницькі лабораторії військової служби, Департамент оборонних досліджень та інженерії (DDR&E) та Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів (DARPA). Військові «службові лабораторії»⁴ виконують переважно прикладні дослідження, безпосередньо пов'язані з військовими цілями; DDR&E – це агентство з фінансування досліджень, схоже на NSF, яке надає гранти на ініційовані дослідниками проєкти для некомерційних установ, таких, як університети. DARPA – це

«блакитне» відділення Міністерства оборони. Агентство фінансує також дослідження (але дуже спекулятивні дослідження), які «перетворюють революційні концепції та навіть уявні неможливості на практичні можливості».

А ЯК ЖЕ В УКРАЇНІ?

Реакція українського читача на вищезгаданий наратив може бути такою: «Це все дуже гарно, але в Україні це неможливо». Може, це перебільшення, але в пострадянському перехідному суспільстві, якому ще належить здійснити суттєву інституційну реформу в науці, є деякі серйозні проблеми: брак приватних інвестицій у дослідження та розробки, брак іноземних інвестицій, інституційна жорсткість, недосконала боротьба за конкурентоспроможну систему грантів та державницький менталітет щодо зв'язку досліджень і застосування, особливо в обороні.

Проте навіть у воєнний час на окраїнах України відбуваються події, що «проливають світло крізь щілини»⁵. У сферах безсумнівної переваги (таких, як кібербезпека) в Україні є малий високотехнологічний бізнес, який отримує значні іноземні інвестиції та (зауважте) отримав вигоду від початкових державних інвестицій та «вирощування» в університетських інкубаторах. Конкурсні дослідницькі гранти, незважаючи на те, що вони є новою рисою дослідницького середовища в Україні, набувають все більшого визнання. Ведеться серйозне обговорення та дії щодо розвитку наукових центрів, наскрізних установ, що з'єднують передові дослідження та промисловість у цільових областях.

Находячись за кордоном я маю лише найзагальніші знання про ці події. Читачі, безсумнівно, мають свої конкретні думки та приклади і скоректують мої пропозиції.

МОЖЛИВА МОДЕЛЬ ДЛЯ НАН УКРАЇНИ: НАЦІОНАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ США

Модель Академії наук радянських часів настільки відрізняється від західного досвіду, що важко проводити аналогії. Але один приклад, який я вважаю корисним для порівняння, є національні лабораторії США, зокрема національні лабораторії Міністерства енергетики США (DOE). У певному сенсі модель Академії наук України з її величезними інститутами – це щось на зразок національних лабораторій США «на стероїдах». Звичайно, це порівняння дещо перебільшене та не точне, але є спільні риси та сфери, завдяки яким розгалужена система державних дослідницьких лабораторій України могла би виграти.

Найвідоміші національні лабораторії США⁶ чітко орієнтовані на оборону та перебувають під егідою Національного агентства з ядерної безпеки (NNSA) Міністерства енергетики. Однак після впровадження закону Bayh-Dole у 1980 році вони були вимушені співпрацювати з промисловістю для розробки комерційних технологій

³ Закон Бея – Доула 1980 року революціонізував всю цю сферу діяльності в Сполучених Штатах і був прийнятий як модель в інших країнах.

⁴ Наприклад, Naval Research Laboratory (NRL).

⁵ Посилання на гімн популярного покійного канадського співака Леонарда Коена: «У всьому є тріщини, саме так проникає світло».

⁶ До них належать, наприклад, лабораторії DOE/NNSA в Лос-Аламосі, Лоуренс-Берклі, Сандії, Оук-Рідж і на Тихоокеанському північному заході. Є також лабораторії Міністерства енергетики, які менш орієнтовані на зброю (наприклад, Fermi). Однак багато збройових лабораторій також проводять дослідження та співпрацюють з галузями, які створюють передові цивільні технології. Ще одна різниця між державними лабораторіями, якими керує уряд (GOGO), і державними лабораторіями, якими керує підрядник (GOCO). Лабораторії DOE — це GOCO, де «підрядниками» є великі дослідницькі університети чи корпорації.

(включаючи дохід для самих лабораторій на додаток до їх державного фінансування) і досягли значного успіху в цьому. Керівники лабораторій роблять це за допомогою угод про спільні дослідження, розроблені їхніми внутрішніми офісами з передачі технологій (ТТО – див. вище), які визначають потенційних галузевих партнерів (часто це – малі підприємства поблизу лабораторій). Угоди дозволяють компаніям інвестувати в розвиток технічної експертизи урядової лабораторії в рамках, у яких лабораторія DOE зберігає права інтелектуальної власності, але надає безоплатну ліцензію бізнесу, що дозволяє йому заробляти гроші за свою роботу в разі успіху. Тоді лабораторія може «викупити» продукт у підприємства, щоб застосувати його для національних потреб. Це стало загальноприйнятою моделлю не лише в лабораторіях, які фінансуються урядом, але й в інших.

На моє переконання це може бути моделлю для України з її величезною системою лабораторій Академії (яка, як відомо, також перебуває під тиском з загрозою реформування) для ефективного зв'язку своєї роботи з промисловістю для оборони країни та економічної конкурентоспроможності.

До них належать, наприклад, лабораторії DOE/NNSA в Лос-Аламосі, Лоуренс-Берклі, Сандії, Оук-Рідж і на Тихоокеанському північному заході. Є також лабораторії Міністерства енергетики, які менш орієнтовані на зброю (наприклад, Fermi). Однак багато збройових лабораторій також проводять дослідження та співпрацюють з галузями, які створюють передові цивільні технології. Ще одна різниця між державними лабораторіями, якими керує уряд (GOGO), і державними лабораторіями, якими керує підрядник (GOCO). Лабораторії DOE — це GOCO, де «підрядниками» є великі дослідницькі університети чи корпорації.

НА ЗАВЕРШЕННЯ

У цьому есе я спробував у загальному сенсі окреслити систему технологічних інновацій (як я її розумію) у Сполучених Штатах, яка слугує моделлю в усьому світі в розвинених індустріальних країнах. Є аспекти, в яких в Україні не вистачає базових умов для цієї моделі, але є й ознаки можливостей. Саме війна поставила систему під серйозний стрес, що зробило зв'язок між дослідженнями та застосуваннями більш актуальним.

Яку б модель чи стратегію не прийняла Україна (а це тільки її вибір) – це обов'язково включатиме інституційні зміни та адаптацію.

У зв'язку з цим я хотів би виділити шість критичних напрямків змін у широкій сфері державної політики України:

- Модернізація кращих університетів України до рівня головних дослідницьких університетів Заходу;
- Забезпечення сильної, стабільної системи конкурсних грантів для розподілу фінансування між інституційними напрямками в залежності від заслуг;
- Запровадження та тестування нових інституційних форм на важливому стику між науковими дослідженнями та виробництвом.
- Вивчення наукової політики та досвіду інших країн, як сусідніх з Україною, так і більш віддалених;
- Використання високого авторитету визначних вчених та інженерів для виховання наступного покоління, надання їм можливостей достойно жити та лідирувати у післявоєнному майбутньому України як незалежної, суверенної, економічно успішної та безпечної країни світу;
- Ліквідація культурного та політичного державницького мислення «зверху вниз», яке є ганебною спадщиною радянського минулого України.

Без сумніву, для вирішення всіх цих питань будуть необхідні далекосяжні зміни політики на найвищому рівні, включаючи законодавство. Але зміни також повинні відбуватися знизу. Пасивно очікувати та покладатися на великі складні міністерства та Раду, щоб вони оприлюднили політику виправлення та фінансування не спрацює, якщо міністерства та Рада не будуть впевнені, що знизу є готовність до змін. Нав'язування змін зверху за відсутності мінімуму відкритості знизу, не кажучи вже про відкриті ворожнечу і підозру, лише породить більшу ворожість та підозрілість серед представників усіх сторін.

Усі ці рішення вимагатимуть сміливих рішень політиків та лідерів на найвищих рівнях влади, а також готовності наукової спільноти України адаптуватися до змін і сприймати їх, а також розуміти, що успішні зміни – це не «гра з нульовою сумою»⁷. Вони повинні приносити користь для всіх. Досвід інших пострадянських країн показує, що це можливо. Нинішня неспровокована війна різко висунула всі ці проблеми на перший план. Завдання полягатиме в тому, щоб зазирнути за межі війни, зрозуміти, що майбутнє України безпосередньо пов'язане з успіхом у використанні свого величезного наукового та промислового потенціалу як для потреб оборони, так і для її економічної конкурентоспроможності. При цьому необхідно відкинути давнє інституційне суперництво та конфлікти на благо країни.

Слава Україні!!! ■

⁷ «Гра з нульовою сумою» – це концепція з теорії ігор та економіки, де виграв одного учасника дорівнює програшу іншого, так що загальний результат завжди дорівнює нулю. У цьому контексті йдеться про те, що успішні зміни не повинні сприйматися як гра з нульовою сумою, де зиск одного означає втрату для іншого. Натомість, успішні зміни мають приносити користь усім сторонам, щоб кожен був у виграві.

THE INSTITUTIONAL CHALLENGES OF TECHNOLOGY TRANSFER IN UKRAINE AS A TRANSITIONAL ECONOMY



Gerson S. Sher¹

INTRODUCTION

In this essay, I will argue that a successful policy framework for technology transfer in Ukraine, as in other countries that have transitioned away from the centralized Soviet economic system, will require institutional adaptation, flexibility, and change; openness to new models of interaction between research, education, and industry; study of successful approaches to technology transfer in other countries; a dynamic interaction between “top-down” and “bottom-up” modalities; and a deep reconsideration of the statist model and mindset that Ukraine, among others, has inherited from its Soviet past.

Ukraine’s immediate, current need for infusion of advanced technology into production is overwhelmingly defense oriented. It is important to understand that there are significant differences in the nature of technology development for the defense and civilian sectors. The main difference is that in defense, there is a single customer - the state. Consequently, when the government issues targets for defense research and development, the process tends to be contractual and non-competitive. In modern market economies, in contrast, technology development is highly competitive and market-driven, requiring innovation not only in product development, but also, importantly, in these countries, in institutional development and change.

For this reason, it would be a mistake to build a national model of technology transfer policy based on today’s military needs. The broader goal of technology development, and the metric of its success, is to meet a broad array of human needs by being openly available in the global market. A military, statist, contract-like approach is poorly suited to that goal. Indeed, one of the best examples of that proposition was the economy of the USSR, which was reasonably good in military R&D and production, but woefully inadequate in terms of non-military innovation. In a vibrant economy, military technology exploitation often spills over into the civilian sector, creating revolutionary developments, like TV and the internet. In military-oriented systems, with their characteristically strict compartmentalization and secrecy, there is rarely overlap between the two.

¹ Gerson S. Sher, PhD, is a member of the Editorial Board of *Svitohlyad* and a member of the International Advisory Council of the National Research Foundation of Ukraine. He managed basic science cooperation between the United States and the Former Soviet Union for the US National Academy of Sciences, the National Science Foundation, George Soros’s International Science Foundation, and was Founding President of CRDF Global.

A NOTE ABOUT TERMINOLOGY

I begin with terminology. I would like to see the egregious Russian-language term, the linguistic paradigm used in the Soviet era, “внедрение,” purged from the vocabulary. It reflects a rigid statist, one-dimensional “technology push” view of the process of technology innovation, likening it to the process of procreation (from a crude masculine point of view, no less). It is oblivious of the importance of “market pull,” which is an essential element of innovation in modern market economies. Fortunately, in the Ukrainian language the term is “використання,” (“exploitation”), which is much more conducive to productive thinking, even better in my view than “transfer”².

Another important term is “technology commercialization.” “Transfer” pertains only to part of the process, namely, embedding the technology in a physical product. It does not ask, however, whether that product will succeed in attracting investors, buyers, and end-users. Moreover, “transfer” suggests an evolutionary, linear paradigm between research and end-use that is a mere caricature of what actually happens. More often, the exploitation of technology is nonlinear and disruptive. It may have little in common with the researcher’s or inventor’s initial vision. Additionally, the term “commercialization” has the advantage that it embodies its own metric: market success. If you produce something with the world’s most advanced technology but it fails to attract buyers and investors or is not economically competitive, the chances are that it will never see the light of day.

THE RESEARCH-INNOVATION INTERFACE

An unpleasant reality for research scientists is that they are often the poorest visionaries of how their own work can be of social and economic benefit. It is often left to others, either in industrial corporate settings or individual entrepreneurs, who can better envision successful outcomes for a simple reason: they know the market, they are closer to capital investors and what they will and will not respond to, and they know how to develop a product from end to end. A talented entrepreneur will be able to distinguish between the embodied technology in a concept or prototype developed by a scientist, and the technical potential of the scientist and their work to develop products that the scientist have never thought of. However, in the absence of entrepreneurs, this model lacks a critical link.

Technology entrepreneurs are audacious individuals from the private sector who “think the unthinkable,” are typically not scientists, and are ready to incur significant personal debt to gamble that their vision of a marketable product backed up by the unique technical capabilities of outstanding scientists. They are a very special breed of human beings. They are quite unlike scientists, who look for predictability and certainty. They thrive on risk. A successful high-tech “serial entrepreneur” is often popularly defined as someone who fails three times and succeeds on the fourth. Their institutional milieu is small, high-tech businesses, which in advanced countries are considered to be the “engine” of technological innovation.

Ultimately, the term “innovation” best captures the full breadth of the realm of activity associated with the adaptation of technology to new ideas, processes, and products. Innovation involves the generation of new knowledge, improvements on existing technology, and commercialization of new ideas. In the case of transitional economies, as noted above, it also reminds us that economic innovation also requires institutional innovation and change. Unlike the top-down, bureaucratic institutions and systems that served the Soviet state in the defense sector, any new configuration must be nimble enough to adapt to the needs of market society and to accommodate new, more dynamic structures and forms of activity that are typical in advanced market economies.

Governments have a significant role to play in this kind of technical innovation, particularly in terms of sparking entrepreneurial ventures with modest funding and the creation of links between research and commercialization. However, this is not best or only done from the “top-down,” as in statist economies, but also from the “bottom up.”

One of the most well-known examples of the government-facilitated “bottom-up” grassroots approach in technological innovation is the US SBIR (Small Business Innovation Research) program. SBIR is a wonderful example of how government and “society” can work together from both top and bottom. In its broad outlines, each government agency with a research budget of \$100 million or more is legally obligated to set aside a certain amount (in 2024, 3.2%) of its research budget for competitive grants to partnerships between nonprofit research institutions (typically universities) and small businesses (broadly defined as for-profit enterprises with 500 employees or less). The funding agencies make competitive awards to proposals developed jointly by a researcher and a for-profit enterprise.

SBIR projects consist of three phases, with decreasing government funding and increasing private funding. Progress to the next phase depends on proven success in the previous ones. In the first SBIR phase, a research and “proof of concept” phase, the government funding share is the largest, with a modest private contribution. The second and third phases shift focus to the far more costly development phase and then to commercialization, with sharply increasing private investment and declining government funding. SBIR and its counterpart STTR³ (Small Business Technology Transfer) have been immensely popular and effective in spurring innovation. In my life at NSF, during the Soviet period visiting scientists from Eastern Europe (but not the USSR) were intensely interested in meeting with our SBIR staff and learning about the program.

Another important institutional form in the world of small businesses, especially start-ups, are incubators and accelerators. Funded privately by venture capitalists and other investors, these are “safe spaces” for researchers to develop and test promising technologies for application and to explore potential large-scale investing opportunities based on their success. Success is not guaranteed, and failure is not discouraged. Like SBIR, they allow researchers, typically early-stage scientists and

² It would be interesting to learn about the historical etymology of this term in Ukrainian. I would assume that “внедрение,” the Russian-language term, was in common use in Ukraine before 1991, consistent with the Soviet model. Otherwise, the two terms, “внедрение” and “використання,” have such different connotations that it would seem unlikely they would be used interchangeably as direct linguistic equivalents.

³ SBIR proposals come from the investigator (non-profit) side of the research/industry partnership. In STTR, it is the small business that submits the proposal, in partnership with the nonprofit research institution.

engineers, to experiment at the margin between research and innovation, together with technology-intensive businesses who wish to seek out and test technical talent and novel ideas with little initial risk. Unlike SBIR and STTR, however, funding for the incubators comes not from government nor from industry, but from private investors.

In the case of larger institutions, the general practice is to have an intermediary entity between the research-performing institution and the large for-profit company. These are the “technology transfer offices” (TTOs), which exist in every major university and other institutions, even government laboratories (about which, more below). It is their job to be thoroughly familiar with the advanced research at the university or lab, as well as to look for opportunities for commercialization through contacts with corporations as well as their own knowledge of the market. They also provide legal guidance and assistance in crafting agreements between the two, manage intellectual property resulting from any invention, and file (or decide not to file) patent applications with the government⁴. As in the case of individual entrepreneurs, TTOs are generally not staffed by scientists and engineers, but by economists, lawyers, and individuals with substantial industry experience. They are the crucial interface between research and industry for large institutions. They exist in defense research agencies as well, where they are extremely important in finding small businesses and huge corporations to adapt the creative ideas of defense-funded scientists (both at universities and at internal defense research laboratories) for defense applications.

In the preceding discussion, the word “universities” stands out, for good reason. Universities are a critical link in the research-application-commercialization process. In most advanced countries, they are the major link. Why? First, because they are the major performers of federally funded basic and even applied research. But secondly, they have students. From the undergraduate level on up to postdoctoral research, they cultivate the best and brightest scientists and engineers. Research and education are deeply integrated here – unlike the Soviet model, where research and education were bifurcated into two very distinct and separate “silos.” They also can sign agreements with private companies for personnel exchange – to place students and even professors temporarily in commercial companies, and professionals from such companies in university settings. The development of these personal relationships and direct experience is a crucial component of the technology transfer process.

Finally, a word about defense research, which is at the margin of my personal knowledge. In the United States, there are three major modalities: military service research laboratories, Department of Defense Research and Engineering (DDR&E), and the Defense Advanced Research

Project Agency (DARPA). The military “service laboratories”⁵ perform primarily applied research directly tied to a military goal. DDR&E is a research-funding agency, similar to NSF, that makes investigator-initiated, merit-reviewed project grants to nonprofit institutions such as universities. DARPA is DOD’s “blue-sky” arm; it also funds research, but highly speculative research that “transform[s] revolutionary concepts and even seeming impossibilities into practical capabilities.”

WHAT ABOUT UKRAINE?

The Ukrainian reader’s reaction to the previous narrative may be, “Look, this is all very nice, but it is not possible in Ukraine.” That may be an exaggeration, but in a post-Soviet transitional society that has yet to implement significant institutional reform in the sciences, there are some formidable problems: lack of private investment in R&D, lack of foreign investment, institutional rigidity, a young and struggling competitive grant system, and a statist mentality about linking research and application, especially in defense.

Yet there are also developments at the margins in Ukraine, even in wartime, that shed light through the cracks⁶. There are small high-tech business in areas of Ukraine’s undoubted superiority, such as cybersecurity, which receive significant foreign investment and (please note) have benefitted by initial government investment and from “growing up” in university-based incubators. Competitive research grants, while a new feature of Ukraine’s research environment, are becoming increasingly widely accepted. There is serious discussion and action on developing Science Centers, cross-cutting institutions bridging advanced research and industry in targeted areas. From my vantage point abroad, I have only the most general knowledge of these developments. Readers will no doubt have specific examples and opinions, as well as corrections to anything I have gotten wrong.

A POSSIBLE MODEL FOR THE NAS OF UKRAINE: THE US NATIONAL LABORATORIES

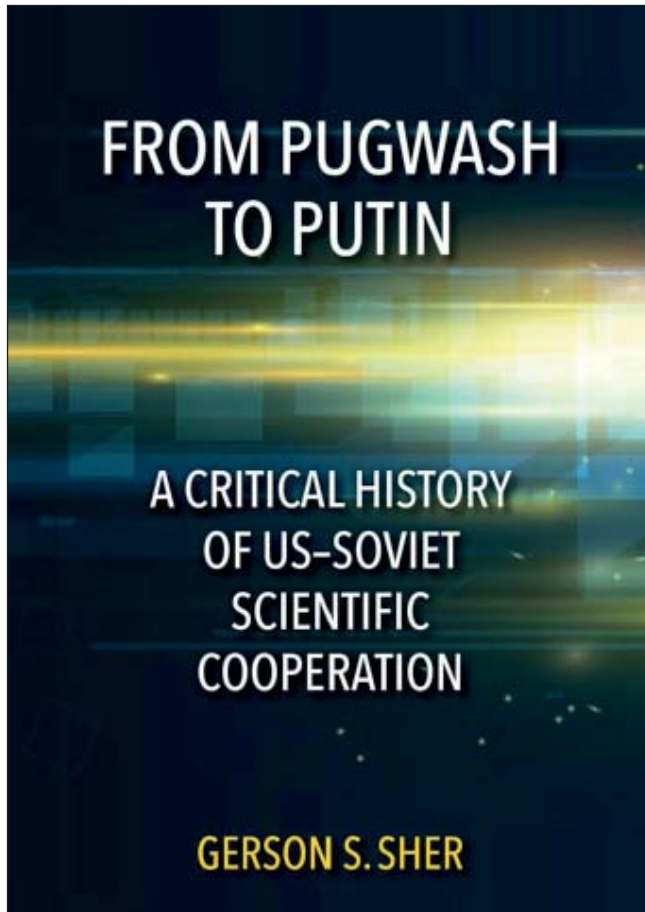
The Soviet-era Academy of Sciences model differs so much from Western experience that it is hard to draw analogies. But one example I have found useful in relating one to another is the US National Laboratories, in particular the national labs of the US Department of Energy (DOE). In a sense, the Academy model, with its huge institutes, is something akin to the US national labs “on steroids.” Of course, that comparison embodies some hyperbole and inaccuracy, but there are commonalities and areas from which Ukraine’s extensive system of government research laboratories might benefit.

⁴ The Bayh-Dole Act of 1980 revolutionized this entire sphere of activity in the United States and has widely been taken as a model in other countries.

⁵ For example, the Naval Research Laboratory (NRL).

⁶ A reference to the popular late Canadian singer Leonard Cohen’s Anthem: “There is a crack in everything, that’s how the light gets in.”

⁷ These include, for example, the DOE/NSA labs at Los Alamos, Lawrence Berkeley, Sandia, Oak Ridge, and Pacific Northwest. There are also DOE labs that are less weapons-oriented, such as Fermi. However, many of the weapons labs also perform research and industry partnerships that spin off advanced civilian technologies. Another distinction is between Government-Owned, Government-Operated (GOGO) labs and Government-Owned, Contractor-Operated (GOCO) labs. The DOE labs are GOCOs, where the “contractors” are major research universities or corporations.



The most notable US national laboratories are explicitly defense-oriented and under the auspices of the National Nuclear Security Agency (NNSA) of DOE⁷. However, since the 1980 introduction of Bayh-Dole, they have been under pressure to work with industry to develop commercial technology (including revenue for the laboratories themselves in addition to their government funding) and have had considerable success in doing so. They do this through cooperative research agreements developed by their internal tech transfer offices (TTOs – see above), which identify potential industry partners (often small businesses in the vicinity of the labs). The agreements allow the businesses to invest in developing the technical expertise of the government lab in a framework in which the DOE lab keeps the intellectual property rights but grants a royalty-free license to the business, allowing it to make money from its work if successful. Then, the lab may “buy back” the product from the business to apply to national needs. This has become an established model not only in DOE government-funded labs but in others as well.

I mention this because it may be a model for Ukraine, with its immense Academy laboratory system – which, as is well known, is also under pressure from the top to reform – to effectively link its work with industry for the nation’s defense and economic competitiveness.

IN CONCLUSION

In this essay, I have tried to outline in broad brush strokes the technological innovation system as I understand it in the United States, which has served as a model worldwide in advanced industrial countries. There are aspects in which the basic conditions for this model are lacking in Ukraine, but also signs of opportunity. The war itself has put the system under severe stress, making the research-to-application link ever more urgent.

Whatever model or strategy Ukraine adopts – and it is Ukraine’s choice alone to make it – it will necessarily involve institutional change and adaptation.

In this regard, I would highlight six critical areas of change in the broad area of government policy:

- Upgrading Ukraine’s best universities on the order of the major research universities of the West.
- Ensuring a strong, stable system of competitive research grants to distribute a significant share of research funds across institutional lines based on merit.
- Introducing and testing new institutional forms at the crucial interface between research and production.
- Studying of the science policies and experiences of other countries, both those near to Ukraine and farther afield.
- Placing a high priority on devoting Ukraine’s best resources to bringing up the next generation of brilliant scientists and engineers, to providing them opportunities to flourish and lead in Ukraine’s postwar future as an independent, sovereign, economically successful, and militarily secure member of the world community.

• Breaking the deeply cultural and political statist, “top-down” mindset that is a stubborn legacy of Ukraine’s immediate Soviet past.

Without a doubt, far-reaching policy changes at the highest levels, including legislation, will be necessary to address all these issues. Nevertheless, change must also come from below. Relying and passively waiting on big, complex ministries and the Rada to promulgate policies to fix and fund things will not work unless the ministries and Rada can be confident that there is readiness for change from below. The imposition of change from above in the absence of a minimum of openness from below, not to mention open hostility and suspicion, will only generate more hostility and suspicion among all parties.

All these choices will require bold policy and leadership at the highest levels of government, as well as the readiness of Ukraine’s scientific community to adapt to and embrace change and to understand that successful change is not a zero-sum game but must have benefit in it for everyone. The experience of other post-Soviet countries shows that this is possible. The current, unprovoked war has made all these issues stand out in bold relief. The challenge will be to look beyond the war, to understand that Ukraine’s future is directly tied to its success in harnessing its huge scientific and industrial potential to both defense needs and its economic competitiveness, and in doing this to set aside ancient institutional rivalries and conflicts for the good of the country.

Слава Україні!! ■