

Кернасюк Ю. В.

кандидат економічних наук, завідувач лабораторії економічних досліджень та аналізу науково-інноваційного потенціалу Інституту сільського господарства Степу НААН, Кропивницький, Україна, scientific-research-grants@proton.me
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8957-3769>

ВИТРАТИ НА ОСВІТУ ТА НАУКУ В ГЛОБАЛЬНОМУ ВИМІРІ

Анотація. Актуальність дослідження зумовлена нагальною потребою в адаптації національних політик і стратегій до глобальних викликів зміни клімату, енергетичного переходу та швидкого розвитку цифрових технологій і штучного інтелекту заради забезпечення сталого економічного розвитку й соціальної стійкості. Метою статті є визначення пріоритетних напрямів державної політики та практичних заходів у сфері інвестицій в освіту й науку в умовах глобальних викликів, спричинених змінами клімату, енергетичним переходом і цифровою технологічною революцією. На основі порівняльного аналізу державних витрат на освіту та наукові дослідження й розробки, ВВП на одну особу та міжнародних середніх показників досліджено складний взаємозв'язок абсолютних витрат на одну особу, частки витрат у ВВП та можливості формування сучасного інноваційного й освітнього середовища. Проаналізовано наукові праці та концепції щодо ролі інвестицій у людський капітал, трансформації робочих місць унаслідок нової технологічної революції й енергетичного переходу, а також необхідності збільшення фінансування освіти і наукових досліджень. Запропоновано індикатори для оцінки ефективності витрат, як-от: абсолютні витрати на одну особу, частка ВВП, співвідношення витрат на освіту та наукові дослідження й розробки. З'ясовано, що ключовим фактором є інституційна спроможність до комерціалізації наукових досліджень. Основні засади вдосконалення державної політики підтримки освіти й науки мають визначати орієнтири для модернізації освітніх програм і проведення нових наукових досліджень у рамках концепції екологічної стійкості сталого розвитку з пошуком інноваційних напрямків економічного зростання. Вони включають дорожню карту з декарбонізації та стимулювання інновацій і модернізації. Обґрунтовано рекомендації щодо підвищення рівня витрат на освіту й науку за допомогою механізму спрямування бюджетних ресурсів на пріоритетні дослідницькі напрями, стимулювання приватних інвестицій у чисті енергетичні й цифрові технології, інструменти перепідготовки робочої сили та посилення міжнародної кооперації й фінансової підтримки для зменшення глобальної нерівності в доступі до передових досягнень науки та освіти.

Ключові слова: інновації, наукові дослідження й розробки, енергетичний перехід, зміна клімату, технологічна революція, цифровізація, людський капітал.

JEL classification: H5, O3, O57.

DOI: 10.32987/2617-8532-2025-5-109-123.

В умовах переходу до нового технологічного та енергетичного укладу значно зростає роль освіти й науки. Сучасна епоха глобальних інноваційних зрушень у сфері штучного

інтелекту, квантових обчислень, біо-технології та чистої енергетики вимагає злагоджених зусиль держави, бізнесу, освітніх установ і наукових центрів щодо масштабування про-

ривних технологій та підготовки фахівців якісно нового профілю й високого рівня компетентності.

Енергетичний перехід тягне за собою зміни в професіях і на ринках праці, що, у свою чергу, вимагає робочої сили з відповідною освітою та навичками [1]. Освіта має істотний вплив на добробут людей і перспективи планети. В умовах глобальних викликів та кліматичної кризи необхідна трансформована система освіти, спроможна спрямувати суспільство до інноваційного, сталого й процвітаючого майбутнього. Підхід до нових технологій в освіті повинен змінитися: їх потрібно розглядати не просто як інструменти чи канали передачі знань, а як сукупність інноваційних можливостей для створення нового освітнього простору, що передбачає трансформацію цілей, практик і освітньої політики задля сталого майбутнього з безперервним і гнучким навчанням через цифрові платформи та зосередженням на компетенціях для сталого способу життя. Втрачена можливість для такого переосмислення зменшує трансформаційний потенціал цих технологій і перспективи розвитку [2].

Тому метою пропонованої статті є передусім визначення пріоритетних напрямів державної політики й практичних заходів у сфері інвестицій в освіту та науку в умовах глобальних викликів, спричинених змінами клімату, енергетичним переходом і цифровою технологічною революцією. Основні завдання дослідження: 1) аналіз впливу глобальних викликів, таких як зміни клімату, енергетичний перехід, цифрова технологічна революція, а також обґрунтування пріоритетів фінансування освіти

й наукових досліджень в Україні на основі визначення ключових сфер і компетенцій, що потребують інвестицій; 2) порівняльний аналіз державних видатків на освіту, дослідження й розробки в різних країнах світу; 3) розроблення практичних рекомендацій та пріоритетної дорожньої карти заходів для державного інвестування в освіту й науку, що забезпечать підвищення стійкості, енергетичної та цифрової компетентності, а також сприятимуть інноваційному розвитку в умовах глобальних викликів.

Методи й матеріали дослідження включали Spatial Analysis країн світу за рівнем економічного розвитку та порівнянням видатків на освіту й наукові дослідження та розробки. Також було застосовано кореляційно-регресійний аналіз для визначення залежності й щільності зв'язку між цими показниками. У процесі дослідження використано міжнародні показники економічного розвитку, витрат на освіту та науку з бази даних World Bank Group. Теоретична частина дослідження ґрунтується на наукометричному аналізі англomовних вітчизняних та іноземних публікацій останніх років.

Видатки на освіту істотно впливають на ВВП на одну особу. Крім того, у сучасній глобальній цифровій економіці знань та інновацій інвестиції в освіту й наукові дослідження і розробки є дієвим інструментом забезпечення економічного зростання. Інвестиції в дослідження й розробки, як центральний елемент у плануванні фінансування освіти, особливо в поєднанні з інвестиціями в освіту, повинні сприяти економічному розвитку та підвищенню стійкості. Цей

позитивний вплив призводить до ефективнішого розподілу державних коштів на інноваційну діяльність і підвищує загальну конкурентоспроможність [3]. Збільшення фінансування освіти й науки стає ключовою умовою якісного переходу до нових технологій. Значні інвестиції дають можливість оновити навчальні плани, закупити сучасне обладнання та підтримати наукові проекти, що сприяють створенню конкурентоспроможних галузей економіки. Цільові гранти й довгострокові інвестиції в прикладні дослідження прискорюють появу інноваційних технологічних рішень, необхідних для сталого розвитку. Ці заходи також мають супроводжуватися більш прозорими механізмами оцінювання ефективності та підтримкою нових освітніх програм і досліджень, для того щоб інвестиції швидко трансформувалися в реальні компетенції робочої сили та інновації.

Є всі підстави стверджувати, що ми живемо в епоху інноваційної цифрової економіки. Цифрова економіка відрізняється від аграрної та індустріальної тим, що є новою й досконалішою формою економічних відносин із різними способами їх формування та альтернативними джерелами енергії. Нині знання й інформація стали основним джерелом продуктивності, а цифровізація спричинила істотні трансформації в суспільстві та економіці. Швидке економічне зростання можливе лише за умови поєднання інновацій і накопичених знань [4; 5]. Знання не матеріальні й проявляються у відтворюваних структурах: нейронних мережах мозку, книгах, медіа, інформації та культурі, базах даних і патентах. При

цьому зростають витрати на дослідження й розробки, закупівлю наукового обладнання, облаштування лабораторій і оплату праці вчених та інженерів. Знання є сукупністю корисних ідей, а наукові дослідження й розробки розглядаються як витрати на виявлення таких ідей, а також пов'язаних із ними активів і діяльності з їх упровадження [6].

З появою у 1990-х роках економіки знань останні є ключовим ресурсом регіонального прогресу. Інновації, які виникають на основі накопичених знань, стали головним двигуном сталого розвитку регіонів. Починаючи з 2000-х людство зіткнулося з більш серйозними викликами, пов'язаними з виснаженням ресурсів, соціальними й екологічними проблемами, що стимулювало поширення та вдосконалення моделей сталого економічного зростання [7; 8].

Еволюція національних економік та інноваційних систем визначається складною динамікою багаторівневих мереж, які пов'язують держави зі сферами їхньої конкурентної переваги. Кожний рівень відображає різну сферу, що бере участь у створенні знань і продуктів. У сучасному світі це передусім фундаментальна наука, технологічні розробки, промислове виробництво та зовнішня торгівля [9].

Економічне зростання є мірилом розвитку країн, а технологічні інновації – одним із ключових факторів прискорення зростання й оновлення виробничих систем. Саме інновації є головним двигуном економічного та соціального прогресу. Інвестиції в інновації, дослідження й розробки підтримують конкуренцію і технологічний прогрес, що веде до сталого еко-

номічного зростання та збереження ресурсів для майбутніх поколінь. Окрім того, якісна освіта робочої сили, фінансування науки, створення нових продуктів і доступ інвесторів до ринків капіталу забезпечуються завдяки сталому розвитку державного й приватного секторів та супроводжуються підвищенням рівня життя населення [10–12].

Цікаво, що для найуспішніших країн світу характерні високі абсолютні витрати на освіту та науку в розрахунку на одну особу (таблиця).

До цього також додаються передусім ефективні інституції, що сприя-

ють комерціалізації досліджень та їх ефективному використанню й поширенню в різних сферах діяльності. Лише системні інвестиції в університети, лабораторії й освітню та наукову інфраструктуру дають змогу забезпечити якісну підготовку висококваліфікованих кадрів і подальше генерування інновацій.

З таблиці видно, що в багатьох розвинутих країнах світу високий ВВП на одну особу часто супроводжується значними державними видатками на освіту та дослідження й розробки. Але ці закономірності не завжди однозначні. Країни з найви-

Таблиця

Порівняльний аналіз державних видатків на освіту, дослідження та розробки в різних країнах світу згідно з доступними даними за 2021 р.

Країни	ВВП на одну особу (за поточним курсом), дол. США	Державні видатки на освіту		Видатки на дослідження та розробки	
		% ВВП	на одну особу, дол. США	% ВВП	на одну особу, дол. США
Ірландія	103 962,0	2,9	3 019,7	1,1	1 154,7
Швейцарія	93 664,8	5,0	4 718,0	3,3	3 097,0
Сінгапур	80 056,1	2,8	2 261,4	2,1	1 719,8
США	71 307,4	5,4	3 865,1	3,5	2 483,7
Швеція	61 175,0	7,6	4 650,7	3,4	2 081,3
Нідерланди	60 142,0	5,4	3 233,6	2,3	1 364,5
Австрія	53 648,7	5,5	2 940,3	3,3	1 750,9
Фінляндія	53 099,1	6,6	3 498,3	3,0	1 586,9
Ізраїль	52 270,9	6,2	3 224,6	5,8	3 022,7
Німеччина	52 265,7	5,4	2 805,3	3,1	1 635,3
Велика Британія	46 926,5	5,9	2 771,9	2,9	1 359,5
Франція	43 725,1	5,4	2 368,8	2,2	969,9
Японія	40 094,6	3,3	1 337,4	3,3	1 313,8
Республіка Корея	35 125,5	4,9	1 709,3	4,9	1 724,6
Іспанія	30 799,5	4,8	1 482,4	1,4	434,6
Словенія	29 187,4	5,4	1 573,7	2,1	621,1
Чехія	27 696,5	4,7	1 288,3	2,0	552,8
Угорщина	19 030,6	4,7	891,4	1,6	312,8
Польща	18 635,5	4,6	861,0	1,4	266,8
Україна	4 775,9	5,1	245,5	0,4	18,4
ОЕСР	43 149,6	5,1	2 211,9	2,9	1 256,8
Європейський Союз	39 214,4	4,8	1 879,7	2,3	886,3
Світ	12 418,6	4,2	525,6	2,6	319,9

Примітка. Видатки на одну особу визначено розрахунковим способом на основі їх частки у ВВП на одну особу (за поточним курсом у доларах США).

Складено автором за: [13–15].

щим ВВП на одну особу демонструють різну структуру витрат на освіту та дослідження й розробки. Зокрема, Швейцарія і США витрачають помітно більше у відсотках ВВП і в перерахунку на одну особу як на освіту, так і на наукові дослідження й розробки. Водночас Ірландія має надзвичайно високий ВВП на одну особу за відносно помірної частки витрат на освіту й науку, що дає високі абсолютні суми на одну особу завдяки великій базі ВВП.

Деякі країни з помірним ВВП на одну особу відрізняються дуже високими частками державних видатків на освіту, що підвищує їхні показники витрат на одну особу та свідчить про пріоритетність там людського капіталу. Такі країни, як Ізраїль і Республіка Корея, характеризуються дуже високими частками видатків на дослідження й розробки (особливо Ізраїль, де частка таких видатків становить 5,8 % ВВП), що відображається в чималих загальних витратах на одну особу й пояснює їхню високу технологічну інноваційність попри чи не найвищий ВВП на одну особу.

Яскраві відмінності між відносними й абсолютними показниками в розрахунку на одну особу підкреслюють дуже важливий аспект цього питання. По суті, високий відсоток ВВП сам по собі не показує доступні ресурси, які держава й бізнес можуть спрямовувати на освіту та наукові дослідження без урахування загальної величини ВВП на одну особу. Тому для реальної оцінки ефективності інвестицій у людський капітал у різних країнах слід порівнювати як відносні показники, так і абсолютні витрати на одну особу. Разом із тим низький ВВП на одну особу навіть за

високого відсотка видатків означає обмежені можливості фінансування якісної освіти й інфраструктури наукових досліджень. Водночас додатковий аналіз у розрізі регіонів і секторальних витрат допоможе виявити ці недоліки та спрямувати ресурси туди, де вони дадуть найбільший соціально-економічний ефект.

На регіональному рівні об'єднання розвинутих країн ОЕСР і ЄС мають середні по вибірці значення – близько 5 % ВВП на освіту та майже 2,3–2,9 % ВВП на дослідження й розробки, що дає помірні суми на одну особу і є певним орієнтиром для порівняння. Світові середні значення ВВП на одну особу становили 12 418,6 дол. США, частка у ВВП видатків на освіту – 4,2 %, а на дослідження й розробки – 2,6 %. Ці показники значно відстають від показників провідних економік за абсолютними витратами на одну особу, що демонструє існуючу у світі нерівність у можливостях інвестувати в людський капітал і науку.

Стосовно України в наведеній таблиці за 2021 р. спостерігається дуже цікавий контраст: досить високий відсоток витрат на освіту (5,1 % ВВП) порівняно зі світовим і регіональним рівнем, що через низький ВВП на одну особу виливається в зовсім невелику суму (245,5 дол. США). Частка видатків на дослідження й розробки (0,4 % ВВП) істотно нижча навіть за світовий середній показник, що свідчить про катастрофічний стан інвестицій у науку, яка в сучасному світі є драйвером інновацій і довгострокового економічного зростання.

Зростання інвестицій в освіту на одну особу зазвичай супроводжується підвищенням продуктивності

праці та, як результат, ВВП на одну особу. Збільшення видатків на освіту поліпшує навички робочої сили й інноваційний потенціал, що сприяє економічному зростанню. Водночас високий ВВП на одну особу створює можливості для додаткових інвестицій в освіту, посилюючи позитивний зворотний синергетичний зв'язок. Цей взаємозв'язок проявляється в довгостроковій перспективі та залежить від ефективності витрат і якості освітніх програм та, відповідно, інституційного середовища. Аналіз доступних даних по 72 країнах світу за 2021 р. підтверджує цей прямий і досить тісний зв'язок високим коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,8784$ та, відповідно, індексом кореляції $r = 0,94$ (рис. 1).

Інвестиції в дослідження й розробки підвищують технологічний рівень і конкурентоспроможність економіки, що, у свою чергу, стимулює зростання ВВП на одну особу. Удоско-

налення наукової та освітньої інфраструктури й підтримка інноваційних проєктів створюють нові галузі економіки та підвищують продуктивність існуючих, посилюючи позитивну кореляцію. Про це можна також дізнатися з результатів аналогічного регресійного аналізу доступних даних по 72 країнах світу за 2021 р., що підтверджує наявність такого прямого зв'язку високим коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,6491$ і, відповідно, індексом кореляції $r = 0,80$ за прийнятного ступеня достовірності (рис. 2).

Водночас вищий ВВП надає державному й приватному секторам більші можливості для фінансування науково-дослідних і конструкторських робіт, замикаючи коло взаємного синергетичного ефекту взаємодії та створюючи додатково також довгостроковий мультиплікаційний ефект. Однак ці можливості досить часто залежать від цільового харак-

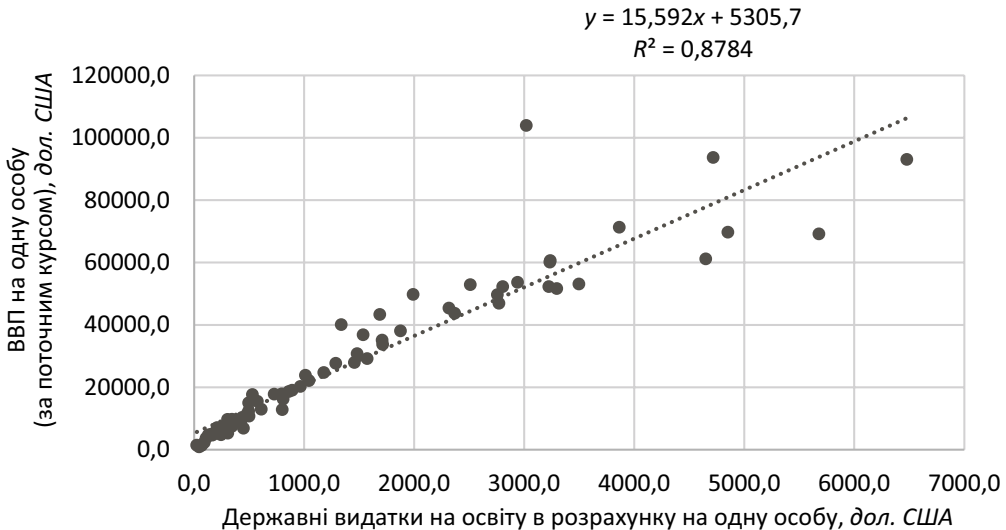


Рис. 1. Кореляційна залежність між середніми розрахунковими видатками на освіту та ВВП на одну особу у 2021 р. для 72 країн світу ($p < 0,05$)

Побудовано автором за: [13–15].

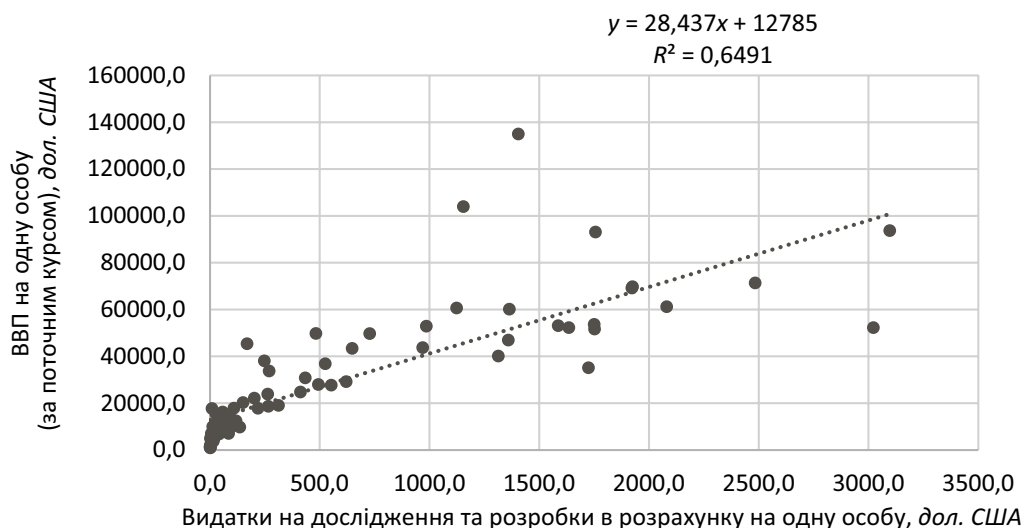


Рис. 2. Кореляційна залежність між середніми розрахунковими видатками на дослідження й розробки та ВВП на одну особу у 2021 р. для 72 країн світу ($p < 0,01$)

Побудовано автором за: [13–15].

теру розподілу коштів, ефективності діяльності освітніх і наукових установ, державних інституцій та здатності трансформувати наукові досягнення в комерційно успішні продукти.

На глобальному рівні зберігається значна нерівномірність витрат на освіту й науку. Провідні економіки витрачають на ці потреби великі суми в розрахунку на одну особу, тимчасом як середні та бідні країни навіть за відносно високої частки у ВВП мають обмежені реальні ресурси через низьку економічну базу. Крім того, частка у ВВП сама по собі не гарантує доступних інвестицій в якісну освіту й дослідження, адже важливішими є витрати на одну особу, які визначають інтенсивність навчальних програм і наукових проєктів. Країни з високими абсолютними витратами створюють сприятливі умови для інновацій та підвищення продуктивності праці, тоді як іншим країнам,

щоб досягти подібного рівня, потрібні або більша частка бюджетних видатків, або економічне зростання й зовнішні інвестиції.

Аналіз закономірностей співвідношення частки витрат на освіту й науку у ВВП та абсолютних обсягів фінансування в країнах із високим рівнем ВВП і тих, що мають низький його рівень, виявив певні особливості. У країнах із високим ВВП на одну особу (Ірландії, Швейцарії, Сінгапурі, США, Швеції та ін.) частка державних видатків на освіту коливається переважно в межах 2,8–7,6 % ВВП, а абсолютні витрати на одну особу значно вищі (від 861 до близько 4 718 дол. США), тимчасом як у країнах із нижчим ВВП абсолютні витрати на освіту на одну особу різко падають (наприклад, в Україні вони становлять 245,5 дол. США за частки 5,1 % ВВП проти середнього світового показника 525,6 дол. США та частки 4,2 % ВВП).

Частка витрат на освіту як відсоток ВВП не корелює просто з величиною ВВП. Окремі взяті для аналізу багаті країни демонструють середні частки у ВВП, як-от Ірландія (2,9 %), а деякі відносно бідні країни – високі, приміром Україна (5,1 %). Тобто для більшості незаможних країн частка витрат на освіту у ВВП відображає здебільшого суто державну політику в цій сфері, а не рівень добробуту їх населення та уваги з боку суспільства. Однак стосовно розвинутих країн така частка може відігравати вагомішу роль за наявності значно більшого ВВП як бази для перерозподілу державних фінансових видатків.

Щодо сектора наукових досліджень і розробок спостерігається інша картина. Багаті й успішні країни зазвичай мають і високі частки у ВВП, і великі абсолютні суми на одну особу (Ізраїль – 5,8 % та 3 022,7 дол. США, Швейцарія – 3,3 % і 3 097 дол. США, Сполучені Штати – 3,5 % та 2 483,7 дол. відповідно).

Країни світу з низькими доходами демонструють одночасно малі частки та мізерні абсолютні витрати на наукові дослідження й розробки (Україна – 0,4 % ВВП та 18,4 дол. США на одну особу), що свідчить про досить значне й до певної міри вже критичне відставання у фінансуванні науки.

Порівняння абсолютних витрат на одну особу робить розрив між багатими й бідними країнами більш очевидним, ніж порівняння часток у ВВП. Для прикладу: у Фінляндії витрати на освіту на одну особу становили 3 498,3 дол. США, а в Україні – лише 245,5 дол. за дуже близьких часток у ВВП – 6,6 і 5,1 % відповідно.

У сфері освіти висока частка у ВВП у деяких багатих країнах, наприклад

у Швеції (7,6 %), поєднується з великими абсолютними витратами на одну особу, що вказує на системну пріоритетність цієї сфери та високі витрати на одиницю послуг.

Водночас регресія між ВВП на одну особу й абсолютними витратами на освіту та наукові дослідження і розробки свідчить про позитивний корельований тренд із незначним розсіюванням через політичні пріоритети та структурні відмінності систем освіти й науки. Високі частки витрат на наукові дослідження й розробки у ВВП деяких країн (Ізраїлю, Кореї) вказують на орієнтацію на інновації незалежно від абсолютної величини ВВП на одну особу. Але абсолютні суми підсилюють вплив інноваційної інфраструктури на довгостроковий економічний розвиток.

У країнах ОЕСР, ЄС і світі загалом середня частка витрат на освіту коливається в межах 4–5 % ВВП, а на дослідження й розробки – 2–3 % ВВП, а також спостерігаються великі внутрішні нерівності та розбіжності за абсолютними сумами в розрахунку на одну особу. Це підтверджує той факт, що частка витрат у ВВП до певної міри відображає політичні пріоритети, а абсолютні витрати на одну особу краще віддзеркалюють реальний рівень фінансування освіти й науки та економічний стан країн. Щоб зменшити розрив, необхідне не тільки збільшення абсолютних витрат на одну особу, а й довгострокова підтримка економічного зростання та цілеспрямоване нарощування інвестицій в освіту й науку в країнах із низькими доходами.

Інвестиції в наукові дослідження й розробки мають потужний вплив на технологічну конкурентоспромож-

ність країни. Досвід окремих країн світу зі значною часткою витрат на науку у ВВП демонструє високу технологічну інтенсивність навіть без лідерства за ВВП на одну особу. Для того щоб зменшити глобальну різницю в можливостях інвестувати в людський капітал, потрібна цільова державна політика на національному рівні та міжнародна підтримка, яка полегшує отримання фінансування і сприяє доступному трансферу знань та інновацій. Такі кроки є запорукою подолання багатьох нинішніх глобальних проблем і кризових явищ, включаючи екологічні наслідки індустріалізації, соціальну й економічну нерівність.

Це особливо важливо в умовах глобальних викликів, як-от зміна клімату та енергетичний перехід, а також технологічної революції. Тому слід збільшувати інвестиції в освіту та науку, зокрема в дослідження кліматичних рішень, поновлювальних і альтернативних джерел чистої енергії та циркулярних технологій. Варто прискорити надання підтримки інфраструктурних проєктів і стимулювати приватні інвестиції в інновації, дослідження й людський капітал через підтримку освітніх програм та установ.

У цьому контексті дуже важливо підвищувати цифрову грамотність і проводити постійну перепідготовку робочої сили, щоб мінімізувати соціальні втрати та створити нові робочі місця в умовах швидкого поширення штучного інтелекту й роботизації світової економіки. Слід обов'язково розробити нову державну інноваційну політику, що поєднуватиме концепцію екологічної стійкості сталого розвитку з еконо-

мічним зростанням і включатиме карбонове ціноутворення, субсидії на декарбонізацію та стимули для інновацій і модернізації всіх секторів економіки. Необхідно поглиблювати міжнародну кооперацію щодо обміну технологіями, фінансування кліматичних ініціатив та передачі знань для створення можливостей справедливого й ефективного переходу в новий технологічно досконалий та сталий світ.

Можна погодитися з думкою вчених, які стверджують, що інновації відіграють ключову роль у зміцненні політичної стабільності та вдосконаленні державних і суспільних інститутів. А це, безперечно, сприяє довгостроковому економічному зростанню та сталому розвитку [16–18]. Сучасні дослідження підтверджують, що саме інноваційна діяльність, освіта й наукові дослідження є основними драйверами економічного зростання у світовій економіці [19–21].

На наше переконання, державна політика підтримки освіти й науки має включати визначення стратегічних орієнтирів для модернізації освітніх програм і проведення нових наукових досліджень у рамках концепції екологічної стійкості сталого розвитку з пошуком інноваційних напрямків економічного зростання та цифрової трансформації. Серед цих напрямків – підготовка фахівців і досліджень із питань декарбонізації, перспективних видів альтернативної енергетики, наприклад водневої енергетики й керованого термоядерного синтезу, а також створення інституційних умов для стимулювання впровадження інновацій і модернізації всіх секторів

економіки, розвиток технологій штучного інтелекту та роботизації.

Це дослідження, по-перше, робить свій внесок у поєднання кількісного порівняльного аналізу державних видатків як абсолютних витрат на одну особу, частки у ВВП, а також співвідношення витрат на освіту й наукові дослідження та розробки з якісною оцінкою рівня економічного розвитку інституційної спроможності до комерціалізації наукових розробок і окреслення нових пріоритетів у цих секторах. Зазначене допомагає точніше виявляти «вузькі місця» інноваційної політики порівняно з попередніми дослідженнями. По-друге, це дослідження пропонує вдосконалити підходи до використання індикаторів оцінки ефективності витрат і практичні механізми переспрямування бюджетних та приватних інвестицій у пріоритетні «чисті» енергетичні й цифрові сфери, доповнюючи загальні концепції людського капіталу конкретними інструментами державної політики у сфері освіти та науки. По-третє, дослідження інтегрує екологічну стійкість у рамки модернізації освітніх програм і наукових досліджень, обґрунтовуючи заходи з розроблення нової державної освітньої й наукової політики з наголосом на декарбонізації, цифровізації та стимулюванні інновацій як ключових драйверів для переходу до сталого інноваційного розвитку. Стимулювати інновації потрібно шляхом створення в університетах та дослідницьких інститутах інноваційних парків із нульовим оподаткуванням у перших 10 років діяльності за умов виробництва наукоємної продукції та її експорту. При цьому університети й дослідні інститути

повинні володіти пакетами акцій венчурних компаній і стартапів у таких парках.

Отже, важливо зрозуміти, що ефективність інвестицій в освіту та наукові дослідження й розробки залежить від оптимального поєднання частки витрат у ВВП і його рівня на одну особу. Це питання потребує окремих наукових досліджень. Також можна стверджувати, що країни з високими абсолютними витратами на освіту й науку створюють кращі умови для розвитку людського капіталу та інновацій, тимчасом як країни з меншим ВВП потребують або значно більшої частки у відповідних витратах, або зовнішньої допомоги й цільових структурних та інституційних реформ, щоб досягти подібних абсолютних інвестицій в освіту, дослідження й розробки.

Підвищення ролі інвестицій у людський капітал, трансформації робочих місць унаслідок нової технологічної революції й енергетичного переходу вимагатиме не лише збільшення абсолютних витрат на освітні та наукові програми, а й визначення інноваційних пріоритетів, а також перегляду підходів до їх фінансування та оцінки ефективності. Потрібно спрямувати ресурси на міждисциплінарні освітні програми, що поєднують технічні навички з критичним мисленням і соціальними компетенціями. Важливо також додатково стимулювати тісну співпрацю між університетами, бізнесом і державними інституціями для швидшого впровадження досліджень у виробництво. Лише така цілеспрямована стратегія забезпечить адаптивність робочої сили та сталий економічний розвиток в умовах прискорення гло-

бальної технологічної сингулярності. Лише завдяки спільним зусиллям усіх зацікавлених сторін можна спробувати знайти власне місце в сучасному глобальному світі та скоротити відставання в доступі до передових досягнень науки й освіти, тим самим підвищуючи рівень економічного та соціального розвитку, або ж продовжити падіння в прірву соціально-економічного й екологічного цивілізаційного колапсу, який потенційно може настати до кінця XXI ст. через кліматичну кризу, культурну деградацію чи геополітичні конфлікти планетарного рівня.

Таким чином, необхідно збільшити витрати на освіту й науку шляхом зосередження бюджетних ресурсів на пріоритетних дослідницьких напрямках, стимулювання приватних вкладень у чисті енергетичні та цифрові технології, впровадження механізмів перепідготовки робочої сили й посилення міжнародної співпраці та фінансової підтримки для зменшення глобальної нерівності в доступі до науки й освіти. На інституціональному рівні важливу роль відіграють національні інноваційні системи від університетських стартапів до спрощених процедур для венчурного фінансування, створені на базі інноваційних наукових парків. Висока якість освіти формує кваліфіковану робочу силу, здатну швидко впроваджувати

інновації та підвищувати продуктивність праці. Крім того, системні інвестиції у фундаментальні й прикладні дослідження створюють довготривалі конкурентні переваги для країни на глобальних ринках.

Практична цінність цього дослідження, безперечно, полягатиме в обґрунтуванні можливостей використання його результатів у стратегічному плануванні, бюджетуванні та оцінці ефективності інвестицій у сфері освіти й науки. По-перше, це надає певне розуміння для визначення пріоритетів фінансування проєктів і програм, що можуть потенційно забезпечити найбільший соціально-економічний ефект. По-друге, дає можливість розробити критерії та індикатори оцінки впливу вказаних пропозицій на інноваційний потенціал і екологічну стійкість. По-третє, на основі отриманих даних можна оптимізувати розподіл ресурсів між освітніми рівнями та науковими напрямками, враховуючи довгострокові потреби ринку праці й глобальні тенденції розвитку, зокрема у сфері декарбонізації, чистої енергетики, цифровізації та штучного інтелекту. І нарешті, впровадження результатів дослідження сприятиме підвищенню прозорості та підзвітності управлінських рішень, що збільшить довіру стейкхолдерів і мобілізує додаткові інвестиції в науку та освіту.

Список використаних джерел

1. *Vakulchuk R., Overland I.* The failure to decarbonize the global energy education system: Carbon lock-in and stranded skill sets. *Energy Research & Social Science*. 2024. Vol. 110, 103446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103446>.
2. *Burbules N. C., Fan G., Repp P.* Five trends of education and technology in a sustainable future. *Geography and Sustainability*. 2020. Vol. 1, Iss. 2. P. 93–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.05.001>.

3. Diakodimitriou D., Tsioutsios A., Versal N., Papageorgiou T. Education Expenditures and Growth: Is R&D the link? *Journal of Policy Modeling*. 2025. Vol. 47, Iss. 2. P. 322–337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2025.01.003>.
4. Andergassen R., Nardini F., Ricottilli M. Innovation diffusion, general purpose technologies and economic growth. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2017. Vol. 40. P. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2016.12.003>.
5. Ji M., Jiao Y., Cheng N. An Innovative decision-making scheme for the high-quality economy development driven by higher education. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023. Vol. 8, Iss. 2, 100345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100345>.
6. Verba M. A. Growth and innovation in the presence of knowledge and R&D accumulation dynamics. *Economics of Innovation and New Technology*. 2020. Vol. 31, Iss. 6. P. 485–510. DOI: <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1828510>.
7. Xu H., Hsu W.-L., Meen T.-H., Zhu J. H. Can Higher Education, Economic Growth and Innovation Ability Improve Each Other? *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 6, 2515. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062515>.
8. Arcos-Guanga A., Flor-Unda O., Novillo-Villegas S., Acosta-Vargas P. The Impact of Knowledge Spillovers on Economic Growth from a National Perspective: A Comprehensive Analysis. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, Iss. 15, 6537. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16156537>.
9. Capability accumulation patterns across economic, innovation, and knowledge-production activities / A. Patelli et al. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, 12988. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29979-x>.
10. Mohamed M. M. A., Liu P., Nie G. Causality between Technological Innovation and Economic Growth: Evidence from the Economies of Developing Countries. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Iss. 6, 3586. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063586>.
11. My Thi Thi D., Tran Phu Do T. The interrelationships between economic growth and innovation: international evidence. *Journal of Applied Economics*. 2024. Vol. 27, Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/15140326.2024.2332975>.
12. Khan A., Khan T., Ahmad M. The role of technological innovation in sustainable growth: Exploring the economic impact of green innovation and renewable energy. *Environmental Challenges*. 2025. Vol. 18, 101109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101109>.
13. Government expenditure on education, total (% of GDP). *World Bank Group*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>.
14. Research and development expenditure (% of GDP). *World Bank Group*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.
15. GDP per capita (current US\$). *World Bank Group*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PE>.
16. Ullah H., Diao X., Abbas H. Innovation as a mechanism for sustainable economic growth: exploring the role of policy stability and institutional quality in case of China. *Environment, Development and Sustainability*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05530-4>.
17. Exploring an interdisciplinary approach to sustainable economic development in resource-rich regions: An investigation of resource productivity, technological innovation, and ecosystem resilience / X. Gong et al. *Resources Policy*. 2023. Vol. 87, Part A. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104294>.
18. Liu C., Xia G. Research on the Dynamic Interrelationship among R&D Investment, Technological Innovation, and Economic Growth in China. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, Iss. 11, 4260. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10114260>.
19. Al-Emran M., Griffy-Brown C. The role of technology adoption in sustainable development: Overview, opportunities, challenges, and future research agendas. *Technology in Society*. 2023. Vol. 73, 102240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102240>.

20. Liu G., Liang K. The role of technological innovation in enhancing resource sustainability to achieve green recovery. *Resources Policy*. 2024. Vol. 89, 104659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104659>.

21. Fayyaz A., Bartha Z. Research and development as a driver of innovation and economic growth; case of developing economies. *Journal of Social and Economic Development*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40847-025-00438-9>.

Yurii Kernasiuk

Ph. D. (Economics), Institute of Agriculture of the Steppe National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kropyvnytskyi, Ukraine, scientific-research-grants@proton.me
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8957-3769>

EXPENDITURES ON EDUCATION AND SCIENCE IN THE GLOBAL DIMENSION

Abstract. *The relevance of this study is determined by the urgent need to adapt national policies and strategies to the global challenges of climate change, the energy transition, and the rapid development of digital technologies and artificial intelligence, in order to ensure sustainable economic development and social resilience. The purpose of this article is to identify priority directions of state policy and practical measures in the field of investment in education and science in response to global challenges posed by climate change, the energy transition, and the digital technological revolution. Based on a comparative analysis of public expenditures on education and scientific research and development, gross domestic product (GDP) per capita, and international average indicators, the complex interrelationship between absolute expenditures per capita, the share of expenditures in GDP, and the capacity to form a modern innovative and educational environment is examined. Scientific studies and concepts concerning the role of investment in human capital, the transformation of jobs as a result of the new technological revolution and the energy transition, as well as the need to increase funding for education and scientific research, are analyzed. Indicators for assessing expenditure efficiency are proposed, including absolute expenditures per capita, percentage share of GDP, and the ratio of expenditures on education to expenditures on scientific research and development. It is determined that the key factor is institutional capacity for the commercialization of scientific research. The main principles for improving state policy in supporting education and science should define guidelines for the modernization of educational programs and the implementation of new scientific research within the framework of the concept of environmental sustainability of sustainable development, with a focus on identifying innovative directions of economic growth. These principles include a roadmap for decarbonization and the stimulation of innovation and modernization. Recommendations are substantiated for increasing expenditures on education and science through mechanisms for directing budgetary resources toward priority research areas,*

stimulating private investment in clean energy and digital technologies, developing workforce retraining instruments, and strengthening international cooperation and financial support in order to reduce global inequality in access to advanced achievements in science and education.

Keywords: *innovation, research and development, energy transition, climate change, technological revolution, digitalization, human capital.*

References

1. Vakulchuk, R. & Overland, I. (2024). The failure to decarbonize the global energy education system: Carbon lock-in and stranded skill sets. *Energy Research & Social Science*, 110, 103446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103446>.
2. Burbules, N. C., Fan, G. & Repp, P. (2020). Five trends of education and technology in a sustainable future. *Geography and Sustainability*, 1(2), 93-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.05.001>.
3. Diakodimitriou, D., Tsioutsios, A., Versal, N., & Papageorgiou, T. (2025). Education Expenditures and Growth: Is R&D the link? *Journal of Policy Modeling*, 47(2), 322-337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2025.01.003>.
4. Andergassen, R., Nardini, F., & Ricottilli, M. (2017). Innovation diffusion, general purpose technologies and economic growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, 40, 72-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2016.12.003>.
5. Ji, M., Jiao, Y., & Cheng, N. (2023). An Innovative decision-making scheme for the high-quality economy development driven by higher education. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(2), 100345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100345>.
6. Verba, M. A. (2020). Growth and innovation in the presence of knowledge and R&D accumulation dynamics. *Economics of Innovation and New Technology*, 31(6), 485-510. DOI: <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1828510>.
7. Xu, H., Hsu, W.-L., Meen, T.-H., & Zhu, J. H. (2020). Can Higher Education, Economic Growth and Innovation Ability Improve Each Other? *Sustainability*, 12(6), 2515. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062515>.
8. Arcos-Guanga, A., Flor-Unda, O., Novillo-Villegas, S., & Acosta-Vargas, P. (2024). The Impact of Knowledge Spillovers on Economic Growth from a National Perspective: A Comprehensive Analysis. *Sustainability*, 16(15), 6537. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16156537>.
9. Patelli, A., Napolitano, L., Cimini, G., Pugliese, E., & Gabrielli, A. (2023). Capability accumulation patterns across economic, innovation, and knowledge-production activities. *Scientific Reports*, 13, 12988. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29979-x>.
10. Mohamed, M. M. A., Liu, P., & Nie, G. (2022). Causality between Technological Innovation and Economic Growth: Evidence from the Economies of Developing Countries. *Sustainability*, 14(6), 3586. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063586>.
11. My Thi Thi, D. & Tran Phu Do, T. (2024). The interrelationships between economic growth and innovation: international evidence. *Journal of Applied Economics*, 27(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/15140326.2024.2332975>.
12. Khan, A., Khan, T., & Ahmad, M. (2025). The role of technological innovation in sustainable growth: Exploring the economic impact of green innovation and renewable energy. *Environmental Challenges*, 18, 101109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101109>.
13. World Bank Group. (n. d.). *Government expenditure on education, total (% of GDP)*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>.

14. World Bank Group. (n. d.). *Research and development expenditure (% of GDP)*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.

15. World Bank Group. (n. d.). *GDP per capita (current US\$)*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PE>.

16. Ullah, H., Diao, X., & Abbas, H. (2024). Innovation as a mechanism for sustainable economic growth: exploring the role of policy stability and institutional quality in case of China. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05530-4>.

17. Gong, X., Wong, W.-K., Peng, Y., Khamdamov, S.-J., Albasher, G., Hoa, Vu. T., & Nhan, N. T. T. (2023). Exploring an interdisciplinary approach to sustainable economic development in resource-rich regions: An investigation of resource productivity, technological innovation, and ecosystem resilience. *Resources Policy*, 87, Part A. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104294>.

18. Liu, C., & Xia, G. (2018). Research on the Dynamic Interrelationship among R&D Investment, Technological Innovation, and Economic Growth in China. *Sustainability*, 10(11), 4260. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10114260>.

19. Al-Emran, M., & Griffy-Brown, C. (2023). The role of technology adoption in sustainable development: Overview, opportunities, challenges, and future research agendas. *Technology in Society*, 73, 102240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102240>.

20. Liu, G., & Liang, K. (2024). The role of technological innovation in enhancing resource sustainability to achieve green recovery. *Resources Policy*, 89, 104659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104659>.

21. Fayyaz, A. & Bartha, Z. (2025). Research and development as a driver of innovation and economic growth; case of developing economies. *Journal of Social and Economic Development*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40847-025-00438-9>.