

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

Ковальова О. А.,
Бабійчук С. М.,
Бурлаєнко Т. І.

НАУКОВА ОСВІТА: РЕТРОСПЕКТИВА, СУЧАСНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВА

Посібник



Київ
2025

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОБДАРОВАНОЇ ДИТИНИ

Ковальова О. А., Бабійчук С. М., Бурлаєнко Т. І.

**НАУКОВА ОСВІТА: РЕТРОСПЕКТИВА, СУЧАСНІСТЬ
ТА ПЕРСПЕКТИВА**

Посібник

Київ
2025

*Рекомендовано до видання вченою радою Інституту обдарованої дитини
Національної академії педагогічних наук України
(протокол № 11 від 29 жовтня 2025 р.)*

Рецензенти:

Гальченко Максим Сергійович – доктор філософських наук, директор Інституту обдарованої дитини НАПН України, член робочої групи з наукової освіти ALLEA (Європейська федерація академій наук і гуманітарних дисциплін)

Свириденко Денис Борисович – доктор філософських наук, завідувач кафедри ЮНЕСКО з наукової освіти Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

НЗ4 Наукова освіта: ретроспектива, сучасність та перспектива: посібник / О. А. Ковальова, С. М. Бабійчук, Т. І. Бурлаєнко; передмова: С. О. Довгий. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2025. – 126 с.

ISBN 978-617-7734-60-3

Посібник «Наукова освіта: ретроспектива, сучасність і перспектива» комплексно розглядає еволюцію і сучасний стан наукової освіти у світі та в Україні. Видання висвітлює історико-філософські витоки, класичні та сучасні освітні парадигми, порівняльний аналіз європейських і англomовних традицій та досвіду. Особливу увагу приділено українському контексту: нормативно-правовій базі, ключовим інституціям, цифровій трансформації. Окремі розділи присвячені концепції «Природа науки (NOS)», перспективам освіти в епоху розвитку штучного інтелекту, ролі науки у сталому розвитку та перспективам наукової освіти в умовах глобальних викликів і воєнної загрози. Посібник адресовано педагогам та керівникам закладів спеціалізованої освіти наукового спрямування та інших форм освіти, а також студентам педагогічних спеціальностей, які готуються до професійної діяльності.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ І. ІСТОРИКО-ФІЛОСОФСЬКІ ОСНОВИ НАУКОВОЇ	
ОСВІТИ	10
1.1. Витоки наукової освіти з періоду античності до Нового часу	10
1.2. Становлення наукової освіти в новітній час.	18
1.3. Передумова виникнення та початок формування наукової освіти в Україні з історичних часів до кінця XX століття.....	23
1.4. Освітні парадигми у формуванні наукового мислення.....	27
Список використаних джерел	33
РОЗДІЛ ІІ. СУЧАСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАУКОВОЇ	
ОСВІТИ	38
2.1. Розуміння науки і наукової освіти в різних державно-культурних традиціях в історично-сучасному контексті.....	38
2.2. Класичні навчальні підходи до формування наукової грамотності, наукового мислення та дослідницької компетентності у світовій традиції.....	44
2.3. Особливості наукової освіти в країнах ЄС	51
2.4. Особливості наукової освіти в провідних англомовних країнах	60
Список використаних джерел	68
РОЗДІЛ ІІІ. НАУКОВА ОСВІТА В УКРАЇНІ: ВИКЛИКИ ТА	
ДОСЯГНЕННЯ СЬОГОДЕННЯ	72
3.1. Нормативно-правове забезпечення наукової освіти	72
3.2. Ключові заклади та інституції в екосистемі шкільної наукової освіти.....	76
3.3. Освітня політика та міжнародна співпраця у сфері наукової освіти..	80
3.4. Цифрова трансформація науки і освіти	84
Список використаних джерел	88
РОЗДІЛ ІV. ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВОЇ	
ОСВІТИ	95
4.1. Наука та освіта як ключові чинники сталого розвитку.....	95
4.2. Концепція «Природа науки (NOS)» у шкільній освіті.	100
4.3. Перспективні напрями наукової освіти України в умовах постійної воєнної загрози (на наступні 10 років).....	108
4.4. Глобальні тенденції використання штучного інтелекту в освіті	112
Список використаних джерел	121

ПЕРЕДМОВА

Україна входить у десятиліття, коли від якості наукової освіти залежить не лише економічний поступ, а й безпека та стійкість держави. Моя мрія проста й вимоглива водночас: щоб у кожному регіоні країни були створені умови для актуального навчання обдарованої молоді – від сучасних лабораторій і наукових хабів до мереж наставництва, академічних змагань та справді відкритих можливостей для досліджень.

Представлений посібник – це своєчасний інструмент підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників у напрямі освіти наукового спрямування. Він поєднує історичну ретроспективу й методичні питання, окреслює політики та інституції, що формують екосистему шкільної науки, і пропонує вчителю практичні орієнтири для формування наукової грамотності, дослідницького мислення та культури доказів.

Як член спільноти, що працює в орбіті Міжнародної програми з фундаментальних наук ЮНЕСКО, я особливо підтримую акценти цього видання: розвиток базових наук як фундаменту інженерії та інновацій; розбудову людського потенціалу через якісну наукову освіту; відкритість і міжнародну кооперацію; інклюзивність і залучення молоді до реальних досліджень. Ці пріоритети резонують з нашим національним завданням – виховати покоління дослідників і інженерів, здатних творити додану вартість знань тут, в Україні, і водночас інтегруватися у світовий науковий простір.

Підтримую цю працю за її повноту й об’ємне бачення наукової освіти: від засад розуміння того, як працює наука, до живого дослідницького досвіду учня і горизонтів цифрової доби. Автори переконливо показують, що наука в школі

– це цілісна культура доказів і дії: коли інтерес переростає у відповідальні експерименти, міждисциплінарні зв’язки – у спільні рішення, а цифрові інструменти та штучний інтелект – у розширені можливості мислення. Важливо, що книга не лише описує стан справ, а й виокремлює перспективи

– шлях до освітньої системи, яка виховує допитливість, автономність і здатність творити нове знання.

Сьогодні, в умовах війни та постійної воєнної загрози, значення науки зростає багаторазово. Наука дає технологічну перевагу й інтелектуальну стійкість; наукова освіта формує критичне мислення, культуру безпеки, інженерну практичність і командну взаємодію. Вона навчає дітей перетворювати запитання на гіпотези, а гіпотези – на рішення. Саме так народжується суб’єктність – особиста й національна.

Ми маємо всі передумови, аби зберегти й примножити талант українських дітей. Наша відповідальність – перетворити ці передумови на систему, де кожна дитина отримує шанс на дослідження, кожен учитель – на професійне зростання, а кожна школа – на наукове життя. Вірю, що цей посібник допоможе зробити ще один крок до такої України – освіченої, технологічної, сильної.

*Станіслав Олексійович Довгий,
Президент МАН України,
академік НАН та НАПН України*

ВСТУП

У сучасному світі наукова освіта постає не лише як освітній тренд чи галузь знань, а як ключовий чинник, що визначає напрямки розвитку суспільства. Ми є свідками глобального цивілізаційного зрушення: від індустріальної моделі, що базувалася на масовому виробництві, фізичній праці та стандартизації, світ стрімко переходить до знаннєво-інноваційної моделі, у центрі якої – інтелект, креативність, дослідження та технології.

Знаннєве суспільство потребує не лише фахівців, здатних працювати з великими обсягами інформації, а й критичних аналітиків, науковців, здатних створювати нове знання, прогнозувати майбутні сценарії розвитку, ухвалювати рішення на основі доказів. У таких умовах *наукова освіта* набуває особливого значення – вона є не просто набором знань про світ, а способом мислення, стилем взаємодії з реальністю, основою для інновацій та соціального прогресу. Вона розглядається нами як система формування *наукового стилю мислення, дослідницької культури й компетентності, епістемної суб'єктності та здатності учнів створювати нові знання, приймати обґрунтовані рішення і відповідально діяти в реальному світі*. Освітні системи, що не адаптуються до потреб знаннєвого суспільства, ризикують залишити свої країни на периферії світових процесів. Навпаки, ті, хто інвестує в наукову освіту – створюють підґрунтя для довгострокового соціального й економічного зростання.

Таким чином, актуальність наукової освіти зумовлена не лише внутрішніми потребами освітнього процесу, а й широким контекстом глобальних змін. Вона виступає основою формування людського капіталу нового покоління, яке здатне не лише пристосовуватись до змін, а й самостійно їх ініціювати. Сучасне суспільство постає перед низкою глобальних викликів, які суттєво впливають на всі сфери життя, включно з освітою. Екологічна криза, енергетична нестабільність, пандемії, технологічна невизначеність, війни та соціальні конфлікти – усе це створює умови, в яких традиційні освітні моделі більше не дають очікуваних результатів. Наукова освіта є інструментом, що здатен сформувати в особистості не лише знання про світ, а й здатність мислити системно, критично, аргументовано. Уміння бачити зв'язки між різними явищами, ставити запитання, перевіряти гіпотези, будувати власну позицію на основі доказів – усе це перетворюється на базові навички, необхідні для адаптації до динамічного світу.

Зіткнення з глобальними загрозами вимагає від суспільства мобілізації інтелектуального ресурсу, розвитку інновацій, пошуку нетривіальних рішень. Молоді люди, які отримали досвід дослідницької діяльності в освітньому

процесі, мають значно вищі шанси не лише реалізувати себе професійно, а й стати агентами змін у суспільстві. Саме тому наукова освіта в умовах глобальних викликів стає не розкішшю для обраних, а стратегічною потребою для всіх. Вона дозволяє формувати культуру мислення, засновану на доказах, підвищує рівень готовності громадян до відповідального вибору і спільної дії в умовах невизначеності.

Повномасштабна війна за незалежність України, стала не лише гуманітарною катастрофою, а й масштабним викликом для вітчизняної освітньої системи. Тисячі закладів освіти були пошкоджені або зруйновані, мільйони дітей і молоді були змушені покинути свої домівки, навчання втратило стабільність, а освітнє середовище – безпеку. У цих умовах особливо гостро постає питання не лише збереження освітнього процесу, а й його оновлення, орієнтоване на відбудову країни, посилення її інтелектуального потенціалу та забезпечення сталого розвитку.

Наукова освіта в такому контексті відіграє подвійну роль. По-перше, вона є способом збереження та розвитку людського капіталу, без якого відновлення держави буде неможливим. По-друге, вона формує в молоді навички, необхідні для участі у відбудові на всіх рівнях – від місцевих громад до загальнонаціональних стратегій. Дослідницькі проекти, участь у молодіжних ініціативах, волонтерських рухах, міждисциплінарні STEM-практики – усе це відкриває перед учнями та студентами простір для усвідомлення своєї ролі в сучасній історії.

Поствоєнна реальність також буде вимагати нового бачення освіти: вона має не лише транслювати знання, а й лікувати травму, відновлювати довіру, надихати. Саме через дослідницьку діяльність діти та молодь можуть усвідомити цінність життя, силу спільноти, здатність впливати на реальність, навіть попри жорсткі умови. Особливої ваги набуває і підготовка педагогів-дослідників, які можуть стати для учнів провідниками у світ науки, мотивації, самоствердження.

Отже, наукова освіта в умовах війни – це не лише засіб збереження інтелектуального потенціалу нації, а й інструмент національної стійкості, внутрішнього відновлення, побудови майбутнього. Вона формує мислячих, відповідальних громадян, які здатні створити нову Україну – освічену, вільну, інноваційну.

У XXI столітті технології перестали бути лише інструментами – вони перетворилися на середовище існування людини. Стрімкий розвиток штучного інтелекту, великих даних (Big Data), інтернету речей (IoT), доповненої і

віртуальної реальності (AR/VR), хмарних та інших цифрових технологій формує нову освітню реальність. Ці інструменти не просто змінюють методи навчання – вони трансформують саму суть наукової освіти, відкриваючи безпрецедентні можливості для занурення у світ науки навіть у найвіддаленіших куточках країни.

Цифровізація наукової освіти дозволяє реалізовувати адаптивні, персоналізовані освітні траєкторії, використовуючи штучний інтелект для аналізу індивідуального прогресу, рекомендацій і створення індивідуалізованих дослідницьких маршрутів. Завдяки технологіям з'являються віртуальні лабораторії, симуляції експериментів, дистанційна участь у міжнародних наукових проєктах, краудсорсинг і колаборації між школярами, студентами та вченими в усьому світі. Водночас це потребує від педагогів-дослідників принципово нових навичок – цифрової культури, гнучкості, здатності ефективно інтегрувати інноваційні інструменти у навчальний процес.

Ця трансформація невід'ємно пов'язана з євроінтеграційним курсом України. Вступ до європейського освітнього простору означає не лише адаптацію до загальних стандартів, а й активне включення у глобальні процеси. У рамках таких ініціатив, як GreenComp, DigComp, STEM for All, Horizon Europe, Erasmus+, Україна отримує доступ до провідних європейських освітніх підходів. Ідеться про компетентнісні моделі, міждисциплінарні STEM/STEAM-програми, проєктне навчання, формування екологічної свідомості, розвиток інноваційного та критичного мислення тощо.

Глобальні стандарти орієнтують освітні системи на формування компетентностей 21-го століття – таких як системне і критичне мислення, командна робота, цифрова грамотність, підприємливість, соціальна відповідальність. Саме наукова освіта, що ґрунтується на дослідницькому підході, є потужним інструментом інтеграції цих компетентностей в освітній процес. Вона формує у здобувачів не лише знання, а й уміння діяти, аргументувати, шукати рішення, працювати у невизначених ситуаціях – тобто бути повноцінними учасниками європейської освітньої, наукової та професійної спільноти.

Одним із парадоксів нашого часу є те, що на тлі безпрецедентного розвитку науки та технологій у суспільстві поширюються антинаукові настрої, змови, псевдонаукові теорії та дезінформація. Довіра до науки, яка ще недавно здавалася беззаперечною, дедалі частіше ставиться під сумнів – як у буденних дискусіях, так і на рівні прийняття суспільно важливих рішень. В умовах інформаційного

перевантаження, поляризації думок і поширення фейків особливої ваги набуває формування наукового світогляду в підростаючого покоління.

Наукова освіта має бути відповіддю на ці виклики: вона навчає не просто знанням, а способу мислення – перевіряти факти, працювати з джерелами, ставити обґрунтовані запитання, шукати докази. Вона допомагає сформувати стійкість до маніпуляцій, розвиває медіаграмотність і критичне мислення як базові навички громадянина у XXI столітті. Саме педагоги-дослідники можуть виступати тими лідерами, які підтримують учнів у формуванні доказового способу мислення.

Водночас наукова освіта відіграє вирішальну роль у забезпеченні соціальної мобільності. Вона відкриває доступ до знань, які дають змогу учням із будь-якого регіону, незалежно від соціального походження, реалізувати свій потенціал. Освіта, заснована на дослідницькому підході, допомагає долати нерівність, адже вона не лише транслює знання, а й формує навички, здатні змінювати траєкторію життя. У контексті відновлення України ця місія набуває особливої ваги – наукова освіта має стати інструментом включення молоді з деокупованих, постконфліктних, сільських територій у процеси розвитку держави.

Усі ці виклики потребують переосмислення ролі педагога в освітньому процесі. Учитель більше не є лише транслятором знань – він має бути фасилітатором, ментором, науковим керівником, модератором, а іноді й ініціатором змін. Педагог-дослідник – це той, хто здатен не лише створити умови для дослідження, а й надихнути на нього, дати учневі відчуття смаку відкриття, цінність доказу, силу думки. Він працює не з фактами, а з потенціалом особистості, допомагаючи їй розкрити себе через пізнання світу. Саме такі вчителі формують культуру науки як культуру життя.

У контексті освітньої реформи, що передбачає запровадження профільної середньої освіти в Україні з 2027 року, виникає потреба в теоретичному та методичному забезпеченні нових освітніх напрямів. Зокрема, створення мережі академічних ліцеїв, які надаватимуть учням можливість обирати профіль навчання та поглиблено вивчати окремі дисципліни, вимагає підготовки педагогів до нових ролей, зокрема як дослідників та новаторів у сфері освіти.

Мета посібника – надати педагогам, студентам педагогічних закладів вищої освіти, а також освітянам загалом, систематизоване уявлення про наукову освіту як сучасну педагогічну теорію і практику. Посібник покликаний сформувати у здобувачів знання, уявлення та системне розуміння основ наукової освіти як напряму педагогічної діяльності, що стане підґрунтям для подальшого

розвитку дослідницьких компетентностей, критичного мислення та впровадження інновацій в освітній процес.

Завдання посібника:

1. Розкрити історичні, філософські та теоретико-методичні засади наукової освіти.
2. Ознайомити з сучасними навчальними підходами наукової освіти, включаючи STEM/STEAM.
3. Проаналізувати вітчизняний та міжнародний досвід реалізації наукової освіти.
4. Висвітлити роль технологій, таких як штучний інтелект та великі дані, у трансформації освітнього процесу.
5. Окреслити вектори та важливі аспекти розвитку наукової освіти в найближчі 10 років.

Авторство за розділами: вступ, розділи 1.2., II, 4.1., 4.2., 4.3. – Ковальова О. А., розділ 4.4. – Бабійчук С. М., розділи 1.1., 1.3., 1.4. – Бурлаєнко Т. І., розділи 3.1., 3.2., 3.3. – Ковальова О. А., Бурлаєнко Т. І. У підготовці рукопису для технічної підтримки (пошук джерел, перефразування, стилістичне редагування, оформлення бібліографії тощо) використовувались інструменти штучного інтелекту (OpenAI. (2025). *ChatGPT* [Large language model]. <https://chat.openai.com>). Дані, надані ШІ, перевірені авторами. За зміст посібника несуть відповідальність тільки автори.

РОЗДІЛ І. ІСТОРИКО-ФІЛОСОФСЬКІ ОСНОВИ НАУКОВОЇ ОСВІТИ

1.1. Витоки наукової освіти з періоду античності до Нового часу

Історія виникнення наукової освіти ґрунтується на становленні науки, а отже, нерозривно пов'язана з розвитком філософської думки, практичною діяльністю людини та еволюцією форм передачі знань. Витоки наукової освіти можна знайти вже в культурах Давнього Сходу.

Провівши аналіз джерельної бази, спостерігаємо, що перші уявлення про освіту з'являються в період античності. Однак, серед науковців превалює думка, що саме антична Греція стала тим осередком, де знання почали систематизуватися у вигляді науки.

Наукові школи античності були центрами інтелектуального розвитку, де формувалися основні концепції, методи дослідження та напрямки мислення, що заклали фундамент для подальшого розвитку європейської науки. Ці школи відігравали ключову роль у систематизації знань, передачі філософських та наукових ідей, а також у формуванні інтелектуальних дискусій. Вони не були «школами» у сучасному розумінні з формальною програмою та іспитами, а скоріше об'єднаннями мислителів, які збиралися навколо видатних вчителів, поділяли спільні філософські погляди або досліджували конкретні галузі знань.

Антична епоха, що охоплює період від VII століття до нашої ери до занепаду Римської імперії, стала колыскою західної філософії та науки, заклавши основи для раціонального пізнання світу [40]. Цей період характеризується фундаментальним переходом від міфологічних пояснень природних явищ до систематичного та логічного дослідження [15]. Початки природничих наук, які згодом були драматично розвинені такими постатями, як Вільям Гарвей, можна простежити до VI століття до нашої ери в Греції, де пресоократики спиралися на попередні математичні та технологічні досягнення вавилонян та єгиптян [15]. Цей еволюційний процес полягав у відмові від міфічних персоніфікацій на користь абстрактних понять, таких як субстанція, причина та матерія, що стало вирішальним кроком у розвитку наукової думки [15].

Наше дослідження часів античності показало, що базис для виникнення наукової освіти нерозривно пов'язаний з філософськими традиціями. Ці школи являли собою організовані групи мислителів, які не лише займалися філософськими роздумами про буття, знання та етику, але й активно досліджували природні явища, математику, астрономію та медицину, закладаючи основи для майбутніх наукових дисциплін [44].

Основними характеристиками видатних наукових шкіл античності були: наставництво та успадкування ідей, філософський характер, інтегративний підхід, діалог, географічна локалізація. Багато шкіл були пов'язані з конкретними містами або регіонами, що сприяло формуванню локальних центрів інтелектуального розвитку (наприклад, Мілет, Афіни, Олександрія). У таблиці 1.1 представлено опис наукових внесків грецьких наукових шкіл.

Таблиця 1.1

Ключові наукові внески основних грецьких філософських шкіл

Школа	Мислителі	Напрями освіти	Наукові дослідження, внески, розвідки	Методологія
Мілетська	Талес, Анаксимандр, Анаксімен	Космологія, Геометрія, Астрономія, Географія	Передбачення затемнень, Теорема Фалеса, перша карта світу, теорія походження життя, розрідження та конденсація повітря	Емпіричне спостереження, раціональне дослідження, пошук першооснови (<i>архе</i>)
Піфагорійська	Піфагор	Математика, Астрономія, Теорія музики	Теорема Піфагора, сферичність Землі, гармонія сфер, кліматичні зони	Математичні міркування, нумерологія, комунальне вивчення
Платонівська Академія	Платон, Евдокс	Математика, Астрономія, Природничі науки	Проблема планетного руху, акцент на геометрії як основі пізнання	Теоретичне вирішення проблем, діалектика, математичний підхід
Арістотелівський Ліцей	Арістотель, Теофраст	Біологія, Логіка, Природничі науки	Детальні зоологічні спостереження, класифікація тварин, моделі біологічних процесів (метаболізм, спадковість), формальна логіка	Систематичне спостереження, збір даних, розтини, класифікація, логічний висновок

Враховуючи дані таблиці 1.1 можемо підкреслити поступовий перехід від широких філософських спекуляцій (Мілетці) до абстрактних математичних

принципів (Піфагорійці), до інституціоналізованих теоретичних проблем (Платонівська Академія) і, нарешті, до суворого емпіричного дослідження та класифікації (Арістотелівський Ліцей). Це демонструє чітку еволюцію наукової думки та методології науки.

На становлення науки вплинула також, свого часу, Александрійська Школа, яка тоді представляла Центр Наукових Інновацій. Александрійська традиція, що охоплює період з III століття до нашої ери до кінця I століття до нашої ери, була зосереджена в Королівському Мусейоні та його величезній Бібліотеці в Александрії, Єгипет. Зазначена установа функціонувала як великий дослідницький центр, що містив колекції робіт, лекційні зали, кімнати для зустрічей, сади, зоопарки, звіринці та станції спостереження. На відміну від грецьких міст-держав, єгипетський уряд відігравав більшу роль у наукових дослідженнях, створюючи середовище, що наголошувало на точності, скрупульозності та емпіризмі, на відміну від індукції та узагальнення, що часто зустрічалися в ранній грецькій думці [33].

Александрійський період відзначився значними успіхами у спеціалізованих наукових дисциплінах, зокрема математиці, астрономії, оптиці та механіці. Школа сприяла інтеграції теоретичної математики з практичними інженерними застосуваннями [37]. Мусейон та Бібліотека в Александрії є прикладом того, як інституційна структура та державне фінансування можуть сприяти розвитку науки. Це вказує на перехід від приватно фінансованих або філософсько вкорінених досліджень до більш організованого, державно підтримуваного наукового підприємства, зосередженого на спеціалізованих дисциплінах. Ця модель державно спонсорованих досліджень та широкомасштабного накопичення знань була вирішальним розвитком в історії науки, дозволяючи проводити стійкі, спільні дослідження та систематичне узагальнення знань. Акцент на емпіризмі та точності також ознаменував методологічний прогрес. До представників Александрійської школи зараховуємо:

Евклід (бл. 365–285 рр. до н.е.). Відомий як «батько геометрії», він є автором «Начал», систематичного зведення геометричних знань, що стало основоположним на понад два тисячоліття. Його методологія включала суворі докази від аксіом та постулатів.

Архімед Сіракузький (бл. 287–212 рр. до н.е.). Хоча він не був строго членом Александрійської школи, він навчався там. Він зробив революційний внесок у геометрію (попередник інтегрального числення), гідростатику

(принцип Архімеда про плавучість) та інженерію (гвинтовий насос, складний блок, катапульти, механіка важеля).

Аполлоній Перзький (бл. 260–190 рр. до н.е.). Навчався та викладав в Александрії, відомий як «великий геометр». Він запровадив конічні перетини («Коніки»), визначивши терміни парабола, еліпс та гіпербола, і розробив гіпотезу ексцентричних орбіт або епіциклів для пояснення планетного руху.

Арістарх Самоський (бл. 270 р. до н.е.). Піонер геліоцентричної моделі, який запропонував Сонце як центр Сонячної системи. Він намагався виміряти відстані до Сонця та Місяця, використовуючи тригонометричні принципи.

Ератосфен Кіренський (бл. 276–195 рр. до н.е.). Головний бібліотекар Александрійської бібліотеки, він точно обчислив окружність Землі, створив першу карту світу з паралелями та меридіанами та зробив внесок у хронологію (винайшовши високосний день).

Гіннарх Нікейський (бл. 190–120 рр. до н.е.). Вважається засновником тригонометрії та великим античним астрономом. Він склав перший всеосяжний зоряний каталог, відкрив прецесію рівнодення та покращив оцінки сонячних та місячних затемнень.

Клавдій Птолемей (бл. 100–170 рр. н.е.). У Римській Александрії він синтезував грецьку та вавилонську астрономію в «Альмагест», формалізувавши геоцентричну модель з епіциклами та деферентами, яка впливала на астрономію понад 1400 років. Він також зробив внесок в оптику (заломлення) та географію (довгота/широта).

Герон Александрійський (бл. 10–70 рр. н.е.). Інноваційний винахідник і математик, відомий розробкою ранніх парових двигунів та автоматів. Його роботи інтегрували теоретичну математику з практичною інженерією.

Ерасістрат (бл. 304–250 рр. до н.е.). Заснував школу анатомії в Александрії, вважається батьком експериментальної фізіології. Він вивчав і назвав серцеві клапани та частини мозку, дійшовши висновку, що серце є насосом, і розрізнув нервові функції.

Гален (бл. 129–216 рр. н.е.). Став найвидатнішим медичним філософом Александрійської школи. Його праці з анатомії, засновані на розтинах та вівисекціях (переважно тварин), стали центральними для середньовічної медицини.

Досягнення Александрійської школи [33], демонструють сильну «інтеграцію математики та обсерваційної науки» [37] та безперешкодну інтеграцію «теоретичної математики з практичними інженерними

застосуваннями» [33], що вказує на перехід від чистої теорії до прикладної науки та технології, де математична строгість безпосередньо впливала на практичні винаходи та вимірювання. Ця синергія між теоретичним розумінням та практичним застосуванням є характерною рисою зрілого наукового розвитку. Вона демонструє, що науковий прогрес полягає не лише в абстрактних ідеях, а й у їхній корисності для розуміння та маніпулювання фізичним світом, що є центральною концепцією сучасної інженерії та технологічних інновацій.

Таким чином, можемо зробити висновки, що Александрійська школа характеризувалася високим ступенем спеціалізації та внеском численних впливових діячів. Таке представлення інформації підкреслює перехід від більш узагальненої «натуральної філософії» ранніх грецьких шкіл до спеціалізованих наукових дисциплін з чіткими методологіями та значними емпіричними/математичними результатами. Це також показує концентрацію інтелектуальних талантів в одній, добре забезпеченій установі.

Внесок у розвиток науки зробили філософи та мислителі Стародавнього Риму. Римська філософія значною мірою перебувала під впливом елліністичної філософії, а інтерес до філософії вперше виник у Римі в 155 році до нашої ери завдяки афінському посольству [6]. Римляни асимілювали грецьку науку, оцінюючи та приймаючи те, що було найбільш корисним, демонструючи прагматичний підхід, подібний до їхнього ставлення до війни, мистецтва та театру [35]. Багато ранніх римських архітекторів та лікарів були греками.

Римська наука була насамперед зумовлена практичною корисністю, надаючи інформацію для успішних реальних проєктів. Це різко контрастувало з грецьким акцентом на абстрактних філософських дослідженнях. Зосередженість на інженерії (дороги, акведуки, бетон) та військовій медицині [35] чітко демонструє, що римські наукові досягнення були безпосередньо пов'язані з потребами їхнього імперського будівництва та управління. Прагматична орієнтація сформувала характер римського наукового розвитку, що призвело до значних технологічних інновацій, які мали глибокий і тривалий вплив на інфраструктуру та громадське здоров'я, ілюструє, як суспільні потреби та політичні структури можуть спрямовувати наукові пріоритети.

Римляни були відомі своїми геніальними інженерними тактиками та передовими технологіями. Вони побудували понад 50 000 миль доріг, використовуючи методи для геодезії, розчищення та вирівнювання землі, що стало основою для багатьох сучасних доріг [1]. Вони здійснили революцію у водопостачанні за допомогою акведуків, прокладаючи тунелі через гори та

споруджуючи кам'яні стіни для труб, а також впроваджуючи складні елементи, такі як інвертовані сифони, запірні крани, відстійники та фільтри. Римляни також революціонізували використання арок у таких спорудах, як Колізей, акведуки та мости, і розробили новий легкий, водостійкий бетон, що дозволило будувати великі куполи та гавані. Вони впровадили нові типи будівель, включаючи базиліки, тріумфальні арки та багатоповерхові житлові будинки, що вимагало складних проєктів та математичних навичок. Водяні млини використовували силу води для виробництва борошна, різання мармуру та дроблення руди. У військовій справі римляни вдосконалили облогові машини та артилерію, опанувавши торсійну механіку. Визначною фігурою був Вітрувій (І століття до н.е.), який написав впливову працю «De architectura», що охоплювала геодезію, містобудування, математику та механіку [35].

У Стародавньому Римі не було необхідності у формальній підготовці чи кваліфікаційних іспитах, щоб стати лікарем; будь-хто міг взяти на себе це звання. Переважна більшість лікарів у римську епоху були греками, часто практикуючи як мандрівні лікарі. Римські лікарі перейняли багато практик та філософій від грецьких лікарів. Унікальним внеском Риму була відмінна медична служба для його армій та флоту. Римська армія створила перший професійний військовий медичний корпус, залучаючи грецьких лікарів заохоченнями [2]. Лікування на полі бою включало підвищену санітарію, медичні огляди та використання артеріальних хірургічних затискачів та джгутів. *Валетудінарії* (госпіталі) були засновані для військових цілей та рабів з I століття до нашої ери, тоді як громадські госпіталі з'явилися значно пізніше (IV століття нашої ери) [25]. Вивчення анатомії людини було значною мірою заборонено через релігійні та етичні міркування, що змушувало таких лікарів, як Гален, покладатися на розтини тварин (свиней, приматів) для отримання анатомічних знань. Медичні професії були відкриті для жінок, особливо як акушерок [2].

Римляни розробили передові сільськогосподарські методи, такі як сівозміна, обрізка, щеплення, відбір насіння, дренаж, зрошення та удобрення. Вони використовували колісні плуги та жниварки, що тягнулися волами, експериментували з генетичними модифікаціями (наприклад, схрещування яблук з гарбузами), а також розробили складні методи тваринництва та консервації продуктів [35]. Ключовими авторами були Катон («De agricultura») та Колумелла (найбільш всеосяжний посібник з найкращих сільськогосподарських практик).

Вважаємо, що хоча багато чого було запозичено у греків та птолемейського Єгипту, римляни використовували точніші сонячні годинники (включаючи портативні) та прийняли семиденний астрологічний тиждень. Сенека зробив внесок у натурфілософію, вивчаючи метеорологію, землетруси та комети. Римська математика та геометрія застосовувалися до практичних галузей, таких як архітектура, податковий облік та земельні кадастри. Римська система числення була широко використовуваною. Військові командири та регіональні губернатори були ключовими географами, які картографували відповідні території. Помпоній Мела склав обширне тритомне дослідження географії Середземномор'я та Північної Європи [1; 35]. У таблиці 1.2 представлено досягнення наукової освіти стародавнього Риму.

Таблиця 1.2

Римські наукові досягнення та їх практичне застосування

Галузь	Науковці, філософи, мислителі	Досягнення/Інновації	Практичне застосування
Інженерія	Вітрувій	Дороги, акведуки, бетон, арки, водяні млини, облогові машини	Розширення імперії, міське водопостачання, довговічна інфраструктура, великомасштабне будівництво
Медицина	Гален (грек, впливовий у Римі)	Військова медицина, військові госпіталі, хірургічні інструменти, анатомія на основі розтинів тварин	Здоров'я солдатів, громадське здоров'я (акведуки, лазні), поширення медичних знань
Сільське господарство	Катон, Колумелла	Сівозміна, передові сільськогосподарські інструменти, тваринництво, консервація продуктів, теплиці	Збільшення виробництва продовольства, ефективне управління землею
Астрономія, Астрологія	Сенека	Точні сонячні годинники, 7-денний тиждень	Хронометраж, навігація, політичний або соціальний вплив
Математика, Геометрія	Немає конкретних (прикладне застосування)	Римські цифри, практичні розрахунки для архітектури чи податків	Оподаткування, землеустрій, будівництво
Географія	Помпоній Мела	Детальне регіональне картографування	Військова стратегія, адміністрація

Враховуючи вище зазначено, можемо зробити висновок, що римська «наука» була переважно «прикладною наукою», зумовленою потребами розширюваної імперії та урбанізованого суспільства. Вона показує, як теоретичні знання (часто успадковані від Греції) були перетворені на відчутні, великомасштабні рішення, демонструючи інший, але не менш життєво важливий шлях для наукового розвитку, що дає змогу зробити висновок щодо її наближеності до наукової освіти в сучасному трактуванні [19; 24; 49].

У середньовіччі основну роль у збереженні наукової спадщини відігравали монастирські школи та ісламський світ. В арабських халіфатах перекладалися та коментувалися праці Арістотеля, Платона, Гіппократа. Центри наукової думки, такі як Багдадський дім мудрості, забезпечували розвиток астрономії, медицини, математики та алхімії [32].

У Західній Європі з XI–XII ст. відбувається «відродження XII століття»: виникають університети (Болонья, Париж, Оксфорд), які стають осередками схоластичного мислення. Університетська модель навчання започатковує структуру освітнього процесу, засновану на вивченні «семи вільних мистецтв», з особливим акцентом на логіку, риторику та арифметику [32].

З XV–XVI ст. розпочинається епоха наукової революції, що радикально змінює уявлення про світ. Праці Коперника, Галілея, Кеплера, Ньютона закладають основи класичної механіки та астрономії, а також формують експериментальний метод дослідження. Водночас виникають академії наук (Лондонське королівське товариство, Паризька академія наук), які кристалізують нову парадигму наукового знання – раціональність, спостереження, доказ [12].

У цей період починається впровадження елементів науки у загальні навчальні програми, особливо в протестантських країнах. Прогресивні освітні реформи (Коменський, Локк, Руссо) сприяли формуванню ідеї навчання через досвід, спостереження та практику, що стало основою сучасної педагогіки [20].

Наприкінці XIX століття розпочався бурхливий розвиток природничих наук і техніки. Великі наукові відкриття цього періоду – теорія еволюції Чарльза Дарвіна, відкриття електромагнітного поля Джеймса Максвелла, періодичний закон хімічних елементів Дмитра Менделєєва, явище радіоактивності (Беккерель, подружжя Кюрі), електрон (Дж. Томсон) тощо – радикально розширили уявлення про природу. Промислова революція й успіхи технологій посилили суспільний інтерес до науки, тож наприкінці XIX ст. природничі дисципліни стали формально включатися до шкільних навчальних програм у багатьох країнах [28].

Таким чином, витoki наукової освіти слід шукати в поєднанні філософської думки античності, збереженні знань у середньовіччі та еволюції наукової методології в Новому часі. Це історичне підґрунтя дозволяє зрозуміти глибину й значущість науки як культурного та освітнього феномену.

1.2. Становлення наукової освіти в новітній час

Прогресивна освіта і включення науки до шкільних програм (початок XX ст.)

На межі XIX–XX ст. в західній педагогіці виникає прогресивний рух, який наголошував на навчанні через діяльність та досвід. В цей період видатний реформатор Джон Дьюї обґрунтував необхідність включення науки до загальної освіти. Він стверджував, що сучасна цивілізація спирається на науку, тож кожен громадянин має опанувати основи наукового методу. Головною метою викладання природничих дисциплін у школі, за Дьюї, має стати формування в учнів «наукових навичок мислення» [42]. Ці ідеї Дьюї про навчання через дослідження і практику набули впливу на освітянську думку по обидва боки Атлантики.

У США за період 1890–1900 рр. різко зросла відвідуваність старших шкіл, а громадськість вимагала модернізації навчальних програм. У 1892 р. Національна освітня асоціація створила спеціальний «Комітет десяти» для вироблення єдиних стандартів шкільної освіти. Його рекомендації (опубліковані 1894 р.) визначили загальні цілі середньої школи, зокрема й у галузі науки. Згідно з цим звітом, всі учні – незалежно від того, чи планують вони вступати до коледжу, чи ні – повинні вивчати основи наук; у старших класах запроваджуються лабораторні заняття з переліком експериментів для кожного предмета [7].

Уже в 1920–1930-х роках прогресивні підходи сприяли включенню природничих наук до навчальних програм загальноосвітньої школи на Заході. Педагоги того часу вірили, що оволодіння так званим «науковим методом» зробить учнів більш логічно мислячими та раціональними. Приміром, американський освітянин Ірвінг Девіс у 1935 р. визначив риси «наукового складу розуму» учня так: готовність змінити погляд під впливом нових фактів, пошук істини без упереджень, розуміння причинно-наслідкових зв'язків, звичка спиратися на факти у судженнях і вміння відрізнити факт від теорії [11]. Такі ідеали відображали становлення науки як обов'язкового компоненту шкільної освіти у першій половині XX ст. – відмову від суто вербального засвоєння знань на користь розвитку наукового мислення.

Поняття наукової грамотності і освіта для всіх (середина XX ст.)

У середині XX століття, на тлі швидкого розвитку науки й технологій, західні країни усвідомили потребу не лише готувати майбутніх науковців, а й давати базові наукові знання кожному громадянину. З'являється концепція наукової грамотності (scientific literacy) – рівня розуміння науки, потрібного для повноцінної участі людини в сучасному суспільстві. Вперше цей термін увійшов до освітнього дискурсу наприкінці 1950-х років. Зокрема, американський педагог Пол Херд у 1958 р. попереджав про «розрив між багатством наукових досягнень і бідністю наукової грамотності», наголошуючи, що школа має скоротити цю прірву [23]. Ідея Херда полягала в тому, що опанування основ науки є необхідною підготовкою до життя у сучасну епоху науково-технічної революції. Поступово поняття наукової грамотності наповнювалося змістом: це і знання ключових наукових фактів та концепцій, і розуміння методів науки, і здатність застосовувати науковий підхід у повсякденних рішеннях [42].

У 1980-х роках західні освітні системи перейшли до парадигми «наука для всіх», що закликала забезпечити наукову грамотність кожному учневі, незалежно від того, чи стане він науковцем. Так, у США був розроблений стратегічний документ *Science for All Americans* (1989 р.) [36], а згодом *Benchmarks for Science Literacy* (1993 р.) [5], які визначили знання та уміння з науки, необхідні кожному випускнику школи. У 1996 р. американські *Національні стандарти природничої освіти* офіційно зафіксували наукову грамотність як ціль шкільного курсу: знання наукових понять і процесів, потрібні для особистих рішень, громадянської активності та економічної продуктивності [30]. В Європі подібні підходи також набули поширення: наука стала розглядатися як обов'язковий компонент загальної середньої освіти, необхідний для підготовки освічених громадян і працездатної робочої сили в технологічну добу.

Дослідницьке навчання і реформи 1950–1960-х років

Поворотним моментом для наукової освіти в середині XX ст. стала Холодна війна і змагання за науково-технічну першість. Запуск СРСР першого супутника (1957 р.) викликав шок у США та Західній Європі і став поштовхом до кардинальних реформ у навчанні науки [34]. У Сполучених Штатах вже 1958 року був ухвалений *National Defense Education Act* – закон, що направив безпрецедентне фінансування на підготовку фахівців з науки і техніки та посилення природничо-наукової освіти на всіх рівнях. Реформи цього періоду характеризувалися залученням вчених до розробки навчальних програм, що раніше було сферою педагогів. В результаті у шкільних курсах фізики, хімії,

біології з'явилися нові програми, які робили наголос на розумінні фундаментальних принципів і на лабораторних експериментах. Як відзначають дослідники, саме з кінця 1950-х практична лабораторна робота та «навчання через дослідження» стали невід'ємною частиною викладання науки, і цей підхід зберігся донині.

На хвилі цих реформ виникла сучасна модель дослідницького навчання. Суть її полягала в тому, щоб учні вчилися науки так, як працюють науковці: через постановку запитань, проведення експериментів, збір доказів і формулювання висновків. Ідеї Джона Дьюї отримали новий розвиток у працях педагогів 1960-х років. Зокрема, американський теоретик Джозеф Шваб обґрунтував, що шкільна наука повинна показувати учням науку як процес пошуку нових знань. Він наголошував, що наукові факти не є застиглою догмою – наука складається з концепцій, які змінюються під впливом нових доказів [29]. Звідси випливав революційний на той час висновок: учні повинні опановувати не тільки зміст науки, а й методи наукового пізнання. Шваб пропонував перевернути традиційну логіку викладання: замість пояснення теорії з подальшим підтвердженням на практиці – спершу дослідницька лабораторна робота, а вже потім узагальнення і пояснення вчителем. Іншими словами, школярі мають спочатку зіткнутися з природним явищем у експерименті, самотійно зібрати дані, а вже потім вивести наукові концепції – так, щоб докази підводили до пояснень. Цей підхід дістав назву *learning by inquiry* (навчання через дослідження) і вплинув на багато навчальних проєктів 1960-х років. У США за підтримки Національного наукового фонду були створені нові курси: PSSC (фізика), BSCS (біологія), CHEM Study (хімія) та інші – всі вони робили акцент на тому, щоб учні самотійно проводили досліди та відкривали наукові принципи, а не лише читали про них у підручнику. Схожі процеси відбувалися і в Європі: Велика Британія у 1960-х реалізувала масштабний проєкт Наффілда з оновлення викладання науки, запровадивши методику *discovery learning* (навчання через відкриття) для учнів різних вікових груп [9]. Ці реформи мали на меті виховати нове покоління, здатне критично мислити, розв'язувати проблеми і продовжувати науково-технічний прогрес. Хоча не всі школи одразу перейняли нові підходи, до 1970-х років ідея навчання науки як дослідницького процесу поширилась дуже широко і закріпилася в освітній політиці країн Заходу.

Стандартизація та глобальні виміри (кінець XX – початок XXI ст.)

У 1980–1990-х роках наукова освіта продовжила розвиватися під впливом нових викликів. Стрімкий розвиток технологій та інформаційного суспільства вимагав від випускників нових компетентностей, зокрема уміння застосовувати наукові знання у повсякденному житті та на роботі. У відповідь освітні органи багатьох країн розробили національні стандарти з природничих предметів, які закріплювали концепцію «наукової грамотності для життя». Приміром, Національні стандарти природничої освіти США (1996 р.) визначили, що кожен учень має вміти ставити наукові запитання, шукати на них відповіді, пояснювати природні явища і критично оцінювати наукову інформацію. Подібні стандарти були спрямовані на те, щоб випускник умів використовувати науку як інструмент мислення у повсякденному житті (особистому та суспільному) – для ухвалення рішень щодо здоров'я, екології, технологій тощо. З'явилися міждисциплінарні підходи, які поєднували навчання науки із соціальними і екологічними контекстами (рух Science, Technology and Society). Наприкінці XX ст. на перший план також виходить оцінювання якості наукової освіти у міжнародному масштабі: започатковано порівняльні дослідження рівня знань учнів з природничих дисциплін (TIMSS, 1995; PISA, 2000). Міжнародний тест PISA увів у обіг поняття наукової грамотності як здатності вирішувати реальні проблеми і робити обґрунтовані висновки на основі наукових знань, діючи як «свідомий громадянин» [10]. Ці глобальні ініціативи підтвердили значимість наукової освіти для конкурентоспроможності країн і підкреслили необхідність удосконалювати методи навчання науки у школі.

Інтегровані підходи кінця XX – початку XXI століття: STEM та STEAM

У кінці XX століття в західній освіті набули популярності інтегровані міждисциплінарні підходи до навчання науки і техніки. Провідна ідея полягає в об'єднанні природничих наук із технологіями, інженерією та математикою в єдиний освітній напрям, відомий під акронімом STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Цей термін було запропоновано у 2001 році Національним науковим фондом США, аби замінити попереднє позначення SMET [41]. STEM-освіта пропагує міждисциплінарне навчання, яке поєднує теорію з практикою: учні застосовують наукові, математичні, інженерні знання для розв'язання реальних задач, що пов'язує школу з потребами громади, бізнесу та високотехнологічної економіки. Такий підхід покликаний розвинути у молоді

критичне мислення, креативність та інноваційні здібності, необхідні на сучасному ринку праці.

Невдовзі освітяни дійшли висновку, що до STEM варто додати ще одну складову – Arts (мистецтво і гуманітарні науки) – аби сформувати STEAM-освіту. Ця ідея виникла в середині 2000-х: приблизно у 2006 році американська дослідниця Георгія Якман запропонувала модель STEAM, інтегрувавши мистецтво до STEM як рівноправний компонент освітнього процесу [46]. Мета STEAM-підходу – розвинути творче мислення, уяву та ширший культурний контекст у майбутніх науковців і інженерів, а також показати практичне застосування мистецтва і дизайну в технологічних рішеннях. Як зазначається в публікаціях, STEAM розширює STEM, додаючи «хто і навіщо» до традиційних «що і як» у навчанні: тобто акцентує увагу на гуманітарному вимірі науки і техніки. Мистецтво в широкому сенсі забезпечує міждисциплінарні зв'язки між технічними знаннями та творчим, етичним, соціальним досвідом. Наприклад, STEAM-проекти можуть поєднувати фізику і музику (акустика), інженерію і образотворче мистецтво (дизайн продуктів), програмування і медіа-творчість тощо. У 2010-х роках STEAM-ініціативи набули підтримки на державному рівні в ряді країн, підкреслюючи необхідність виховувати фахівців нового типу – технічно грамотних, творчих і чутливих до соціокультурних аспектів. В результаті STEM/STEAM-освіта сьогодні розглядається як наступний етап еволюції наукової освіти, що поєднує глибокі предметні знання з міждисциплінарністю та інноваційністю.

Еволюція цілей і методів наукової освіти

Отже, історичний шлях становлення наукової освіти у світі демонструє постійне розширення її цілей і змісту у відповідь на потреби суспільства. Від перших раціоналістичних ідей Джона Дьюї про «науковий спосіб мислення» для кожної людини – до сучасних інтегрованих STEM/STEAM-програм – простежується тенденція зробити науку доступною, корисною і значущою для всіх. Якщо на початку ХХ ст. наукову освіту впроваджували, щоб сформувати мислення, засноване на доказах і логіці, то у пізніші часи додалися нові акценти: наукова грамотність як громадянська компетентність, вміння навчатися через дослідження, співпраця різних дисциплін для інновацій. Таким чином, західна традиція наукової освіти пройшла шлях від елітарного навчання основам науки – до визнання наукової освіти фундаментом загальної освіти, необхідної кожному в сучасному світі

знань. Це підґрунтя було важливим і для України, але розвиток наукової освіти в українському контексті має свої особливості та етапи, які розглядаються далі.

1.3. Передумова виникнення та початок формування наукової освіти в Україні з історичних часів до кінця XX століття

Наукова освіта в Україні – це не лінійний процес, а складна еволюція, що відображає історичні, культурні та соціально-політичні трансформації. Її витоки лежать у глибинах української історії, формуючись під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Ранні прояви та зародження українського науково-освітнього мислення спостерігаємо в X–XVI ст.

Вже за часів існування Київської Русі простежувалися елементи, які сприяли зародженню науки. Школи при монастирях та церквах, де навчали грамоті, письму, елементам арифметики, співу, були першими осередками систематизованого навчання. Важливою була роль книжності, перекладів та переписування богословської та світської літератури. Митрополит Іларіон (поч. XI ст.) у своєму «Слові про Закон і Благодать» демонстрував глибоке богословське та філософське мислення, що виходило за рамки суто релігійної догматики і закладаło основи для осмислення світу. Хоча це не була наукова праця у сучасному розумінні, але вона сприяла розвитку інтелектуального клімату. Справжній прорив у розвитку освіти, що містила елементи науковості, відбувся з появою братських шкіл (XVI–XVIII ст.) та вищих навчальних закладів – Острозької та Києво-Могилянської академій. Ці освітні центри стали відповіддю на виклики Реформації та Контрреформації, а також потребою у кваліфікованих кадрах для церкви та держави. Далі представимо передових науковців того часу [52]:

Герасим Смотрицький (бл. 1560–1594 рр.) – перший ректор Острозької академії, діяльність якого була спрямована на піднесення освітнього рівня та протистояння полонізації, зокрема шляхом введення вивчення «семи вільних мистецтв», що включали елементи арифметики, геометрії, астрономії, музики, граматики, риторики, діалектики. Це був значний крок до розширення змісту освіти за межі виключно богослов'я.

Йов Борецький (бл. 1560–1631 рр.) – ректор Київської братської школи, а згодом Київської братської колегії (майбутньої Києво-Могилянської академії). Його діяльність була спрямована на впровадження латинської мови як мови науки та освіти того часу, що відкривало доступ до європейської наукової думки.

Петро Могила (1596–1647 рр.) – видатний реформатор освіти, засновник Києво-Могилянської академії. Під його керівництвом було розроблено навчальні

програми, які включали не лише богослов'я, а й широкий спектр світських наук: філософію (логіка, фізика, метафізика), риторику, поезику, арифметику, геометрію, астрономію, історію, грецьку та латинську мови. Це були перші кроки до систематизованої наукової освіти, хоча і з домінуючим богословським підґрунтям.

Феофан Прокопович (1677–1722 рр.) – один із найвизначніших діячів Києво-Могилянської академії, викладав філософію, математику, логіку. Його освітні погляди були прогресивними для свого часу, він пропагував раціоналізм та емпіризм, що заклало основи для розвитку наукового мислення. Відкриття університетів у Харкові (1805 р.), Києві (1834 р.) та Львові (1862 р.) стало поворотним моментом у становленні наукової освіти. Ці заклади стали центрами не лише навчання, а й наукових досліджень, що безпосередньо впливало на педагогічну думку. Серед яскравих представників: *Микола Костомаров* (1817–1885 рр.) – видатний історик, громадський діяч, професор Київського університету. Його праці заклали основи наукової української історіографії, а педагогічний підхід базувався на формуванні критичного мислення та об'єктивного аналізу джерел.

Михайло Драгоманов (1841–1895 рр.) – публіцист, історик, етнограф, громадський діяч. Хоча він не був педагогом у класичному розумінні, його ідеї про необхідність наукової освіти, розвитку вільного мислення, заснованого на фактах, мали величезний вплив на українську інтелігенцію та педагогіку. Він пропагував європейський раціоналізм та критичний підхід до знань.

Борис Грінченко (1863–1910 рр.) – видатний педагог, письменник, громадський діяч. Його праці з педагогіки, зокрема «Народні вчителі і їхня освіта», «Нарис розвитку української школи» свідчать про глибоке розуміння потреби наукової основи в педагогічній діяльності. Він наголошував на важливості наукової підготовки вчителів, їхній здатності до дослідницької роботи та самоосвіти.

Епохальний внесок у формування наукової освіти вніс *Володимир Вернадський* (1863–1945 рр.). Його наукова і педагогічна діяльність була цілісною і спрямованою на становлення нового типу свідомості, заснованої на науковому пізнанні. В. Вернадський був ініціатором створення Української академії наук (1918 р.) та її першим президентом, що в подальшому стало кроком до інституціоналізації наукової діяльності в Україні, що безпосередньо вплинуло на розвиток наукової освіти. Він активно залучав молодих вчених до наукової роботи, створюючи умови для їхнього зростання та розвитку

наукового мислення. Теорія ноосфери В. Вернадського – сфери розуму, де людина, базуючись на науковому знанні, перетворює біосферу має фундаментальне педагогічне значення. В. Вернадський не просто пропонував вивчати окремі науки, а інтегрувати їх у цілісне світобачення. Освіта, за Вернадським, має формувати людину, яка усвідомлює свою відповідальність за майбутнє планети, розуміє глобальні процеси, мислить системно та екологічно, що вимагає від педагогіки не тільки передачі знань, а й розвитку креативності, дослідницьких навичок, етичних засад наукової діяльності [47]. В. Вернадський активно впроваджував принцип нерозривності наукових досліджень та освітнього процесу. Він вважав, що викладачі та студенти повинні бути активними учасниками наукової діяльності. Його діяльність на посаді ректора Таврійського університету (1918–1920 рр.) яскраво демонструє прагнення до створення науково-освітнього центру, де дослідження були основою викладання.

У радянський період освіта в Україні розвивалася в умовах жорсткого ідеологічного контролю. Проте, незважаючи на це, були зроблені значні кроки у розвитку мережі вищих навчальних закладів, наукових інститутів, підготовці наукових кадрів [61].

Антон Макаренко (1888–1939 рр.) – видатний радянський педагог, хоча його основний внесок був у теорію виховання, проте він наголошував на необхідності поєднання навчання з продуктивною працею, що сприяло формуванню практичних навичок та розумінню наукових засад виробництва. Його ідеї про колективне виховання також опосередковано сприяли розвитку логічного та системного мислення.

Василь Сухомлинський (1918–1970 рр.) – видатний український педагог, чия діяльність була спрямована на гуманізацію освітнього процесу. Хоча його увага була зосереджена на вихованні, він підкреслював важливість наукових знань як основи для розвитку особистості. Його концепція «школи радості» передбачала залучення дітей до активного пізнання світу, що є основою наукового пошуку.

У 1970–1980-х роках в УРСР поступово формується екосистема шкільної наукової освіти: на базі провідних університетів і академічних інститутів зміцнюється мережа фізико-математичних спеціалізованих шкіл-інтернатів і класів поглибленого вивчення природничих дисциплін. Їхню модель задавали «університетські» школи з посиленою дослідницькою складовою та тісною опікою науковців; у Києві це середовище підтримували постаті

масштабу Віктора Глушкова та університетські кафедри, що інтегрували у навчання елементи олімпіадної підготовки, лабораторні практикуми, ранню участь старшокласників у реальних проєктах. Паралельно розгортався рух учнівських наукових товариств і «малих академій», який до кінця 1980-х – початку 1990-х рр. набув організованих форм: з'явилися регулярні наукові сесії, конференції, конкурси-захисти робіт, менторство викладачів і науковців над шкільними секціями [58].

У період здобуття незалежності ці практики інституціоналізуються: виникають перші наукові ліцеї (та їхні попередники – фізико-математичні ліцеї й коледжі при університетах), які закладають стандарти профільної підготовки з акцентом на дослідження, міждисциплінарність і участь у всеукраїнських та міжнародних олімпіадах. У великих містах формується сталість «трикутника» школа – університет – академічний інститут: старшокласники працюють у лабораторіях, беруть участь у гуртках і семінарах, освоюють науковий інструментарій і культуру публікацій. У позашкільному секторі мережа учнівських наукових об'єднань швидко масштабується й наприкінці 1990-х рр. переростає у всеукраїнський рух із десятками тисяч учасників. Саме цей період – від пізнього радянського часу до кінця ХХ століття – заклав кадрову й методичну основу сучасної наукової освіти в Україні: від елітних спецшкіл і перших ліцеїв до інституціоналізованої системи учнівських досліджень, що згодом оформилася в Малу академію наук і мережу наукових ліцеїв.

Отже, витоки наукової освіти в українській педагогічній науці сягають глибокої давнини, пройшовши шлях від елементарних знань до складних наукових концепцій. Діяльність братських шкіл, академій, університетів, а також внесок таких видатних постатей як Петро Могила, Феофан Прокопович, Борис Грінченко, Володимир Вернадський, Антон Макаренко та Василь Сухомлинський, сформували міцний фундамент для її розвитку. Особлива роль належить Володимирі Вернадському, чия концепція ноосфери стала орієнтиром для формування інтегрованої, відповідальної та екологічно орієнтованої наукової освіти, що залишається актуальною і в наш час. У 1970–1990-х рр. в Україні сформувалася інфраструктура шкільної наукової освіти: від університетських фізико-математичних спецшкіл і лабораторних практик до мережі учнівських наукових товариств. На межі незалежності ці практики було інституціоналізовано у наукові ліцеї та всеукраїнський рух учнівських досліджень, що згодом оформився в систему МАН. Закладений тоді «трикутник» школа–університет–академічний інститут став методичною та

кадровою основою для становлення STEM-освіти. Сучасна українська педагогічна наука продовжує розвивати ці традиції, адаптуючи їх до нових викликів глобалізованого світу [51; 53; 55].

1.4. Освітні парадигми у формуванні наукового мислення

Формування наукового мислення є однією з ключових цілей сучасної освіти. Цей процес нерозривно пов'язаний з домінуванням певних освітніх парадигм, які визначають цілі, зміст, методи та організаційні форми навчання. Розуміння еволюції освітніх парадигм дозволяє краще усвідомити шляхи становлення наукової грамотності та наукового мислення в історії педагогіки і його сучасні трансформації.

В. Кузь вважає, що освітня парадигма – це сукупність теоретичних і методологічних передумов, що визначають бачення сутності освіти, її функцій, цілей, а також методів і форм організації навчального процесу в певний історичний період [54]. Ми вважаємо, що парадигми формуються під впливом панівних філософських, наукових, соціальних та культурних уявлень епохи, а на думку О. Савченко наукове мислення – це специфічний вид мислення, що характеризується об'єктивністю, системністю, критичністю, логічністю, здатністю до аналізу, синтезу, абстрагування, узагальнення, а також до висунення гіпотез і їх перевірки [59]. Воно передбачає використання наукових методів пізнання, оперування науковими категоріями та розуміння причинно-наслідкових зв'язків.

У розрізі нашого дослідження представимо історичну еволюцію освітніх парадигм та їх вплив на формування наукового мислення на різних етапах розвитку суспільства, кожна з яких, на нашу думку, по-своєму впливала на формування елементів наукового мислення.

Традиційна парадигма, що домінувала протягом століть (від античності до середини ХХ ст.), орієнтувалася на передачу накопичених знань від учителя до учня. Основним завданням було засвоєння великих обсягів інформації, фактів, правил і законів. Вона носила репродуктивний характер навчання (заучування, повторення, відтворення); авторитарний стиль викладання; пасивна роль учня; навчання в основному орієнтоване на вербальні методи; пріоритет загальноосвітніх знань.

У межах цієї парадигми елементи наукового мислення формувалися опосередковано – через вивчення класичних наук (філософії, математики, логіки, риторики) учні опановували логіку міркувань, вчилися аналізувати тексти, систематизувати інформацію. Однак, відсутність активного експериментального

підходу та акценту на самотійному відкритті знань обмежувала розвиток повноцінного наукового мислення. Прикладом є навчання у Києво-Могилянській академії, де, попри вивчення «семи вільних мистецтв», домінувало схоластичне засвоєння знань [57].

Педоцентрична (особистісно орієнтована) парадигма, зародившись наприкінці XIX – на початку XX століття (В. Дьюї, М. Монтессорі, А. С. Макаренко), змістила акцент з учителя та змісту на особистість дитини, її інтереси, потреби та природний розвиток. Основним завданням були активна роль учня, індивідуалізація навчання; освіта як допомога у саморозвитку дитини; важливість практичної діяльності, досвіду; гуманізація освітнього процесу.

Педоцентрична парадигма сприяла розвитку таких компонентів наукового мислення, як критичність, самотійність, творчість. Залучення до активної діяльності, експериментування (наприклад, у концепції В. О. Сухомлинського «школа радості», де діти активно пізнають світ через діяльність) стимулювало формування дослідницьких навичок. Однак, вона могла недооцінювати систематичність наукового знання та глибину теоретичних основ [60].

Близькою до педоцентричної, але не тотожною, є *Конструктивістська парадигма*, акцент якої зміщується з організації освіти «навколо дитини» до пояснення як саме учень вибудовує знання у взаємодії з досвідом і соціальним середовищем. У межах конструктивізму (Ж. Піаже, Л. Виготський, Дж. Брунер) навчання розуміється як активне конструювання смислів на основі попередніх уявлень через діяльність, когнітивний конфлікт і поступове «підведення» до нових понять за допомогою підтримки дорослого (scaffolding) та співпраці однолітків. Методично це втілюється у дослідницькому, проблемному та проєктному навчанні, роботі з відкритими задачами, рефлексією й формувальним оцінюванням, де важливим є не лише результат, а й прозорий шлях міркувань [16].

Конструктивістська логіка прямо сприяє розвитку наукового мислення: критичності, здатності висувати й перевіряти гіпотези, аргументувати висновки, переносити знання в нові контексти. Водночас, на відміну від суто педоцентричної гуманістичної рамки, конструктивізм вимагає ретельно спроектованого курикулуму та послідовності понять, інакше активність може перетворитися на фрагментарний досвід без теоретичної глибини. Отже, обидві парадигми взаємодоповнюються: педоцентризм задає ціннісну орієнтацію на особистість, а конструктивізм постачає епістемологічно обґрунтовані механізми побудови знання.

Компетентнісна парадигма набула широкого поширення наприкінці ХХ – на початку ХХІ століття. Вона орієнтована на формування ключових і предметних компетентностей, які дозволяють особистості успішно діяти в сучасному світі, вирішувати практичні завдання та бути конкурентоспроможною. Вектор компетентісної парадигми скерований на акцент на практичному застосуванні знань, умінь і навичок; формування здатності до розв’язання проблем; розвиток критичного мислення, комунікативних та соціальних навичок; міждисциплінарність та інтеграція знань.

Компетентнісна парадигма безпосередньо сприяє формуванню наукового мислення, оскільки вимагає від учня аналізувати інформацію, висувати гіпотези, розв’язувати проблеми, працювати з даними, робити висновки. Вона стимулює розвиток дослідницьких компетентностей, адже учні мають не просто засвоїти знання, а й вміти їх застосувати для наукового пізнання та вирішення реальних завдань [59].

Постнекласична (інформаційна, цифрова, ноосферна) парадигма, що активно формується в умовах інформаційного суспільства та глобальних викликів, акцентує увагу на розвитку особистості як суб’єкта, здатного до саморозвитку, самоосвіти, творчості, а також на усвідомленні глобальних взаємозв’язків. Концепція ноосфери В. І. Вернадського [48; 50] є філософським підґрунтям для цієї парадигми, підкреслюючи роль людського розуму як планетарної сили. До характерних її рис зараховуємо: розвиток «м’яких навичок» (*soft skills*): критичне мислення, креативність, співпраця, комунікація; самоорганізація, самоосвіта, навчання впродовж життя; усвідомлення глобальних проблем (екологічних, соціальних, етичних); широке використання інформаційних технологій; формування екологічного та планетарного мислення.

Постнекласична парадигма найбільш повноцінно формує наукове мислення, оскільки вона стимулює системне і холістичне бачення світу, що є основою наукового пізнання (через концепцію ноосфери, єдності природи і суспільства), розвиває інноваційне та креативне мислення, необхідне для наукових відкриттів, акцентує на етичних аспектах наукової діяльності та відповідальності за її наслідки, підтримує безперервне навчання та саморозвиток, що є невід’ємною частиною наукового зростання, заохочує міждисциплінарні дослідження та інтеграцію знань з різних галузей.

У сучасних умовах, коли обсяг наукової інформації стрімко зростає, а світ стикається з комплексними викликами (зміни клімату, технологічний розвиток,

соціальні трансформації), формування наукового мислення стає не просто бажаним, а необхідним елементом освіти, в свою чергу це вимагає: відходу від репродуктивного навчання, переходу до проблемного навчання, кейс-методів, проєктної діяльності, де учні виступають у ролі дослідників, розвитку навичок критичного аналізу інформації (в умовах «інформаційного суспільства» вкрай важливо вміти розрізняти достовірні джерела, оцінювати аргументи, виявляти упередження), інтеграції природничих, математичних та гуманітарних наук, адже наукове мислення не обмежується лише точними науками – воно передбачає цілісне бачення світу, що є можливим лише при міждисциплінарному підході. навчання науковій методології: Опанування етапами наукового дослідження – від формулювання гіпотези до інтерпретації результатів, формування «дослідницької культури», зокрема виховання допитливості, наполегливості, здатності до самокорекції та об'єктивної самооцінки. Отже можемо зробити висновок, що освітні парадигми відіграють вирішальну роль у формуванні наукового мислення. Від традиційної знаннєвої, яка закладала основи логіки, до сучасної постнекласичної, що орієнтована на системне, критичне, творче та відповідальне пізнання світу, кожна парадигма вносила свій внесок. Сьогодні, в умовах швидких змін, українська педагогіка впроваджує й продовжує активно впроваджувати елементи наукової освіти, що ґрунтуються на міждисциплінарності, компетентнісному підході та філософії ноосфери В. І. Вернадського, що дозволить підготувати нове покоління, здатне не лише засвоювати знання, а й активно їх продукувати та використовувати для сталого розвитку суспільства. Подальший етап нашого дослідження передбачає вивчення сучасних освітніх парадигм у зарубіжній педагогіці, адже сучасна світова педагогічна думка перебуває у стані динамічних змін, що зумовлені глобалізацією, стрімким технологічним прогресом, соціокультурними трансформаціями та новими викликами ринку праці, зокрема призводить до переосмислення традиційних підходів до освіти та формування нових освітніх парадигм, хоча парадигми не існують ізольовано, а часто переплітаються, доповнюючи одна одну та формуючи складний освітній ландшафт. Далі представимо деякі з них:

➤ *Компетентнісна парадигма (Competency-Based Education, CBE)* є однією з домінуючих у сучасному світі. Вона зміщує акцент з накопичення знань на формування практичних умінь, навичок та особистісних якостей (компетентностей), необхідних для успішної діяльності в реальному житті та професійній сфері. CBE орієнтована на результат, а саме: навчання зосереджено

на досягненні конкретних, вимірюваних результатів навчання, а не на часі, проведеному в класі [21], гнучкість та індивідуалізація: Студенти можуть рухатися у власному темпі, долаючи матеріал та демонструючи компетентності, а не просто «проходячи» курс [8]; автентична оцінка (оцінювання здобувачів освіти зосереджено на демонстрації компетентності через практичні завдання, симуляції, портфоліо, що відображають реальні життєві ситуації [45], акцент на «наскрізних» (*transversal*) компетенціях, зокрема критичне мислення, вирішення проблем, комунікація, співпраця, цифрова грамотність, навчання впродовж життя [31].

Компетентісна парадигма сьогодні широко впроваджується у професійній та вищій освіті, а також у системі підвищення кваліфікації. Країни, такі як США, Канада, Фінляндія, Австралія, Нова Зеландія, активно використовують цю парадигму [38].

➤ *Персоналізована/Адаптивна парадигма (Personalized Learning, Adaptive Learning)* зосереджена на створенні унікального освітнього досвіду для кожного учня, враховуючи його інтереси, потреби, стиль навчання, темп та попередній рівень знань. Технології, зокрема штучний інтелект (ШІ), відіграють ключову роль у реалізації цієї парадигми.

До ключових характеристик можемо віднести: індивідуалізований зміст та темп, тобто навчальні матеріали та швидкість їх засвоєння адаптуються до конкретного учня [18] використання ШІ та адаптивних систем, коли ШІ-системи аналізують прогрес учня, виявляють прогалини у знаннях і надають персоналізовані рекомендації, завдання та зворотний зв'язок [39]; скориговано роль вчителя, адже вчитель виступає як фасилітатор, ментор, коуч, наставник, який допомагає учням у їхньому індивідуальному навчальному шляху; активна роль учня, де учень є співавтором свого навчання, вибирає пріоритети та маршрути.

Хочемо зазначити, що зростає популярність вище окресленої моделі у школах та університетах по всьому світу, особливо в умовах дистанційного та змішаного навчання.

➤ *Трансформативне навчання (Transformative Learning)*. Данна парадигма розроблена Джеком Мезіровим (*Jack Mezirow*) у 1970-х роках, зосереджена на глибокій, структурній зміні світогляду, переконань та уявлень учня. Мета – не просто засвоєння нових знань, а перебудова, так званої, «рамки відліку» (*frame of reference*) особистості.

Характеристичними рисами представленої вище парадигми є критична рефлексія, коли навчання починається з «дезорієнтуючої дилеми» – ситуації, що кидає виклик існуючим переконанням, і вимагає глибокої рефлексії над власними припущеннями [26; 27], зміна перспективи, включаючи психологічні (зміна розуміння себе), перекональні (перегляд системи вірувань) та поведінкові (зміна способу життя) аспекти [14], залучення до дії, зокрема трансформативне навчання часто веде до зміни дій та активної участі у суспільстві, ставлячи під сумнів статус-кво [17] та етична складова, яка сприяє формуванню більш етичного ставлення до світу та суспільства.

Трансформативне навчання активно використовується в освіті дорослих, громадській освіті, лідерських програмах, а також у контексті вирішення соціальних та екологічних проблем.

➤ *Цифрова/Онлайн парадигма (Digital/Online Learning)* характеризується широким застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальному процесі. Вона трансформує доступ до знань, методи викладання та взаємодію між учасниками освітнього процесу. Вона об'єднує гнучкість доступу до навчання (навчання може відбуватися в будь-який час і в будь-якому місці, долаючи географічні обмеження) [4]; використання цифрових платформ та активне застосування систем управління навчанням (LMS), онлайн-курсів (MOOCs), інтерактивних ресурсів; персоналізація через технології, зокрема, коли цифрові інструменти дозволяють адаптувати зміст та темп навчання [13]; співпраця та спільноти (створення онлайн-спільнот для спільного навчання та обміну знаннями); нові формати контенту: відеолекції, інтерактивні симуляції, віртуальна та доповнена реальність [3].

Цифрова освітня парадигма була впроваджена повсюдно, від дошкільної до вищої та корпоративної освіти, особливо після пандемії COVID-19, яка прискорила її розвиток.

➤ *Парадигма навчання впродовж життя (Lifelong Learning)* доводить нам, що навчання не обмежується певним періодом життя (наприклад, шкільними чи університетськими роками), а є безперервним процесом, що триває протягом усього життя. Вона підкреслює необхідність постійного оновлення знань і навичок у швидко мінливому світі.

Характеристики Lifelong Learning: самокерованість. Коли особистість бере на себе відповідальність за власне навчання; гнучкість форм, що включає формальну, неформальну та інформальну освіту; реагування на потреби ринку зокрема адаптація до змін у вимогах до робочої сили; розвиток метанавичок –

навичок, що дозволяють навчатися ефективно (наприклад, управління часом, інформаційний пошук, критична оцінка) [43].

Парадигма навчання впродовж життя охоплює всі рівні освіти, корпоративне навчання, програми перекваліфікації, громадські ініціативи.

Таким чином, сучасні освітні парадигми у педагогіці відображають прагнення до створення більш гнучкої, індивідуалізованої, компетентнісно-орієнтованої та рефлексивної освіти. Вони базуються на розумінні, що навчання є активним, трансформаційним процесом, який триває все життя і тісно пов'язаний з технологіями та потребами суспільства. Взаємопроникнення цих парадигм створює багатий простір для інновацій та розвитку освітньої практики у всьому світі.

Список використаних джерел

1. Вернадський В. І. *Вибрані праці*. Київ : Наукова думка, 2005.
2. Вернадський В. І. *Наукова думка як планетне явище*. Київ : Наукова думка, 1991. 268 с.
3. Гальченко М. С. *Наукова освіта: епістема, техне, творчість* : монографія. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2022. 336 с.
4. Гончаренко С., Мальований Ю. Гуманізація і гуманітаризація освіти. *Шлях освіти*. 2001. № 2. С. 2–6.
5. Зайченко І. В. *Педагогіка* : навч. посіб. Київ : Освіта України, 2006.
6. *Історія української філософії* / За ред. В. С. Горського. Київ : Наукова думка, 2004.
7. Кремень В. Г. *Філософія освіти* : проблеми і перспективи. Київ : Знання, 2011.
8. Кузь В. Г. Педагогічні парадигми в контексті розвитку сучасної освіти. *Педагогіка і психологія*. 2005. № 2. С. 5–15.
9. Левківський М. В. *Історія педагогіки* : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2007.
10. Львівський природничо-математичний ліцей. Про ліцей [Електронний ресурс]. *Львівський природничо-математичний ліцей*. Режим доступу: <https://www.lpml.com.ua/про-ліцей/>.
11. Нісімчук А. С., Падалка Г. М. *Історія педагогіки* : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2000. 304 с.

12. Полтавське територіальне відділення МАН України. Історія [Електронний ресурс]. *Полтавська Мала академія наук*. Режим доступу: <https://poltava.man.gov.ua/zaklad/>.
13. Савченко О. Я. *Розвиток пізнавальної самостійності молодших школярів у процесі навчання* : монографія. Київ : Генеза, 2011. 224 с.
14. Фіцула М. М. *Педагогіка* : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2005. 528 с.
15. Ярмаченко М. Д. *Українська педагогічна думка в історичному аспекті* : навч. посіб. Київ : Вища школа, 1983.
16. 5 Ways Roman Technology Was Ahead of Its Time [Електронний ресурс]. *Saint Louis Science Center*. Режим доступу: <https://www.slsc.org/roman-technology/>.
17. 8 Fascinating Facts About Ancient Roman Medicine [Електронний ресурс]. *History*. Режим доступу: <https://www.history.com/articles/ancient-roman-medicine-galen>.
18. Accenture. Learning Paradigms in AI – Understanding How AI Learns [Електронний ресурс]. 2024. Режим доступу: <https://www.accenture.com/hk-en/blogs/data-ai/learning-paradigms-ai>.
19. Achieving a Holistic Digital Paradigm Shift: Five Elements to Achieving Digital Learning Success in Higher Education [Електронний ресурс]. *Preprints.org*. 2025. Режим доступу: <https://www.preprints.org/manuscript/202503.1250/v1>.
20. American Association for the Advancement of Science. *Benchmarks for Science Literacy*. New York : Oxford University Press, 1993.
21. Ancient Roman Philosophy [Електронний ресурс]. *Wikipedia*. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Roman_philosophy.
22. Belcher N. A Brief History of U.S. Science Education – Leading to Modeling Instruction [Електронний ресурс]. *Medium*, 28 February 2018. Режим доступу: <https://ntbelcher.medium.com/a-brief-history-of-u-s-science-education-leading-to-modeling-instruction-3a9bdbd801f2>.
23. Bilyk I., Konovalchuk L., Kuchai O. Implementing Competency-Based Education Through the Personalized Monitoring of Primary Students' Progress and Assessment. *Education Sciences*. 2021. Vol. 15, № 2. P. 252.
24. Bruner J. S. The Act of Discovery. *Harvard Educational Review*. 1961. Vol. 31, № 1. P. 21–32.

25. Bybee R., McCrae B., Laurie R. PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*. 2009. Vol. 46. P. 865–883. DOI: 10.1002/tea.20333.
26. Davis I. C. The Measurement of Scientific Attitudes. *Science Education*. 1935. № 19. P. 117–122.
27. Dear P. *The Intelligibility of Nature: How Science Makes Sense of the World*. Chicago : University of Chicago Press, 2006.
28. Digital Learning in the 21st Century: Trends, Challenges, and Innovations in Technology Integration [Електронний ресурс]. *Frontiers in Education*. 2025. Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2025.1562391/full>.
29. Dirkx J. M. The Power of Feelings: Emotion, Imagination, and the Construction of Meaning in Adult Learning. *New Directions for Adult and Continuing Education*. 2006. № 109. P. 63–73.
30. Emergence of Scientific Explanations of Nature in Ancient Greece [Електронний ресурс]. 2025. *AHA Journals*. Режим доступу: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.92.3.637>.
31. Fosnot C. T. (ed.) *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. 2nd ed. New York : Teachers College Press, 2005.
32. Freire P. *Pedagogy of the Oppressed*. New York : Herder and Herder, 1970.
33. Gligorea I., Cioca M., Oancea R., Gorski A.-T., Gorski H., Tudorache P. Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*. Switzerland : MDPI, 2023. Vol. 13, No. 12, Article 1216. DOI: 10.3390/educsci13121216.
34. Grant E. *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to the Nineteenth Century*. Cambridge : Cambridge University Press, 2007.
35. Gutek G. L. *Historical and Philosophical Foundations of Education: A Biographical Introduction*. 5th ed. Boston : Pearson, 2011. Режим доступу: <https://www.pearsonhighered.com/assets/preface/0/1/3/7/0137152736.pdf>.
36. Holmes R. Current Trends in Competency-Based Education. *Journal of Education and Learning*. 2017. Vol. 6, № 3. P. 85–91.
37. Hooks B. *Teaching to Transgress: Education as the Practice of Freedom*. New York : Routledge, 1994.
38. Hurd P. D. Science Literacy: Its Meaning for American Schools. *Educational Leadership*. 1958. Vol. 16, № 1. P. 13–16, 52.

39. Kenny A. *A New History of Western Philosophy* [Електронний ресурс]. Oxford : Oxford University Press, 2012. Режим доступу: https://library.nlu.edu.ua/POLN_TEXT/SENMK/Ancient%20Philosophy.pdf.
40. Medical Practice in Graeco-Roman Antiquity [Електронний ресурс]. *PubMed*. Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16910132/>.
41. Mezirow J. *Learning to Think Like an Adult: Core Concepts of Transformative Learning*. San Francisco : Jossey-Bass, 2000.
42. Mezirow J. *Transformative Dimensions of Adult Learning*. San Francisco : Jossey-Bass, 1991.
43. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Science and Engineering for Grades 6–12: Investigation and Design at the Center*. Washington, DC : The National Academies Press, 2019. DOI: 10.17226/25216.
44. National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC : The National Academies Press, 2000. DOI: 10.17226/9596.
45. National Research Council. *National Science Education Standards*. Washington, DC : The National Academies Press, 1996. DOI: 10.17226/4962.
46. OECD; Council of Europe. *OECD Economic Surveys: European Union 2018* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-european-union-2018_eco_surveys-eur-2018-en.html.
47. Pedersen O. *The First Universities: Studium Generale and the Origins of University Education in Europe*. Cambridge : Cambridge University Press, 1997.
48. Philosophy of Science and Medicine Series – IV: Alexandrian Period [Електронний ресурс]. *Hektoen International*. Режим доступу: <https://hekint.org/2017/01/22/philosophy-of-science-and-medicine-series-iv-alexandrian-period/>.
49. Powell A. How Sputnik Changed U.S. Education [Електронний ресурс]. *Harvard Gazette*. 11 October 2007. Режим доступу: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2007/10/how-sputnik-changed-u-s-education/>.
50. Roman Science [Електронний ресурс]. *World History Encyclopedia*. Режим доступу: https://www.worldhistory.org/Roman_Science/.
51. Rutherford F. J., Ahlgren A. *Science for All Americans: Education for a Changing Future*. New York : Oxford University Press, 1991.
52. Sánchez Berzosa K. The Alexandrian School [Електронний ресурс]. *Prezi*. Режим доступу: <https://prezi.com/p/lmxt0imxkdrc/the-alexandrian-school/>.

53. Scientific Research Publishing. Current Trends in Competency-Based Education. *Journal of Education and Psychology*. 2016. DOI: 10.4236/jep.2016.711099.
54. Tetzlaff A., Mezirow J., Krings F. Personalized Learning in the Digital Age: A Systematic Review. *Computers & Education*. 2020. Vol. 156.
55. The 5 Great Schools of Ancient Greek Philosophy [Електронний ресурс]. *ThoughtCo*. Режим доступу: <https://www.thoughtco.com/five-great-schools-ancient-greek-philosophy-2670495>.
56. *The State of Science, Math, Engineering, and Technology Education (SMET) in America, Part I*. U.S. House of Representatives, Committee on Science. Washington, DC, 1997.
57. Trefil J., Hazen R. M. Scientific Literacy: A Modest Proposal. У кн.: Meinwald J., Hildebrand J. G. (eds.). *Science and the Educated American: A Core Component of Liberal Education* [Електронний ресурс]. Cambridge : American Academy of Arts & Sciences, 2010. Режим доступу: <https://www.amacad.org/sites/default/files/publication/downloads/SLACweb.pdf>.
58. UNESCO. *Learning: The Treasure Within. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*. Paris : UNESCO, 1996.
59. What Rome Really Adopted from Ancient Greece [Електронний ресурс]. *CUNY Academic Works*. Режим доступу: https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4469&context=gc_etds.
60. Wu Q., Huang F., Yang M. Research on the Assessment Method of College Students' Core Competencies Based on Big Data. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1827, № 1.
61. Yakman G. STEAM: An Educational Framework to Relate Things to Each Other and Reality [Електронний ресурс]. *K12 Digest*. Режим доступу: <https://www.k12digest.com/steam-an-educational-framework-to-relate-things-to-each-other-and-reality/>.

РОЗДІЛ II. СУЧАСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАУКОВОЇ ОСВІТИ

2.1. Розуміння науки і наукової освіти в різних державно-культурних традиціях в історично-сучасному контексті

Історично поняття «наука» формувалося по-різному в західних, континентально-європейських та східноєвропейських (пострадянських) культурних традиціях. У латинській мові слово *scientia* означало загальні знання, і до Нового часу «науковим» називали будь-яке систематизоване знання. Лише з часів наукової революції XVII–XVIII ст. змінився сам критерій науковості – праці Ісаака Ньютона стали переломними, сформувавши нове розуміння того, що є «науковим» [1]. Відтоді наука почала ототожнюватись передусім із природничими науками (фізика, хімія, біологія тощо), основаними на математично-експериментальному методі.

У англо-американській (західній) традиції склалося відносно вузьке розуміння терміну *science*. З XIX ст. це слово все більше стосувалося саме природничих дисциплін, тоді як дослідження з гуманітарних галузей виділилися окремо (їх часто називають *the humanities*) [21]. Показовим є те, що слово «*scientist*» («учений-природознавець») було вперше запропоноване лише в 1833 році британцем Вільямом Велвеллом на заміну фразі «*man of science*», що відображало виникнення нової професійної ідентичності вченого-природника [16]. У Великій Британії цей термін довго не приймався, натомість в США швидко увійшов у вжиток, оскільки підкреслював відмінність «чистого» науковця від інженера-практика. Це підкреслює, що в англomовній культурі вже у XIX ст. наука розумілась як окрема сфера діяльності – переважно в контексті природничих наук і технічного прогресу. Відповідно і наукова освіта (*science education*) почала означати освіту саме в галузі природничих та точних наук.

На противагу цьому, у континентальній європейській традиції склалося більш широке, цілісне розуміння науки – так званий *континентальний підхід*. Класичним є німецьке поняття «*Wissenschaft*», яке включає будь-яке систематичне знання, як природниче, так і гуманітарне [36]. Із реформами Вільгельма фон Гумбольдта на початку XIX ст. (Берлінський університет, 1810) утвердився ідеал єдності науки: університети мали об'єднувати всі дисципліни, поєднувати дослідження і навчання, плекати знання заради самого знання [7]. Гумбольдтська університетська модель наголошувала на «єдності наук» і автономії науки від утилітарних потреб суспільства [25]. До науки (*Wissenschaft*)

за цією моделлю належали й гуманітарні дослідження – для них у німецькій мові існує окреме слово *Geisteswissenschaften* (науки про дух), але вони все одно сприймалися як частина загальної наукової сфери.

Аналогічно у французькій традиції слово *science* могло означати будь-яку систематизовану галузь знання (наприклад, *sciences humaines* – «гуманітарні науки»). Таким чином, на континенті не виникало жорсткого розриву між «природничими» і «неприродничими» науками на мовному рівні, як це сталося в англо-саксонському світі.

Східноєвропейська (пострадянська) традиція багато в чому успадкувала континентальний підхід. Тут утвердився термін «наука» (від польського *nauka* чи німецького *Nazuk*), що відповідає широкому значенню *Wissenschaft*. Цей термін охоплює всі академічні дисципліни – від фізики до філології – і вживається саме в такому широкому сенсі дотепер [16]. Наприклад, у сучасній українській мові словом «наука» називають як природничі науки, так і суспільні чи гуманітарні (на кшталт історії чи літературознавства). Це важлива мовна особливість: при перекладі слова *science* треба зважати, що в англійській воно частіше має вузьке значення, тоді як «наука» у слов'янських мовах – широке поняття. Отже, один із аспектів особливостей перекладу поняття науки – це різниця в обсязі цього поняття між мовами (англійська vs українська та ін.).

Окремо слід відзначити історичне *становлення соціальних і гуманітарних наук* як частини наукового знання. У XVII–XVIII ст. дослідження суспільства ще належали до філософії чи теології. Лише *Просвітництво* дало початок ідеї вивчати суспільство науково. У Франції вже в 1767 році з'являється сам термін «науки соціальні» (*science sociale*, автор – мислитель Мірабо), але як окрема галузь знання соціальні науки оформилися пізніше, у XIX ст. [22]. Огюст Конт у 1830-их ввів поняття соціології (у 1838 р. він першим систематично застосував цей термін) та обґрунтував її як науку про суспільство на позитивістських засадах [2]. До кінця XIX ст. виникають і інші соціальні науки: економіка поступово виокремлюється з політичної економії, формуються антропологія, політологія, психологія тощо. 1895 року Еміль Дюркгайм заснував першу кафедру соціології у Франції, провівши інституціоналізацію цієї дисципліни. Таким чином, гуманітарно-соціальні дисципліни поступово зайняли своє місце поряд із природничими. В західній термінології з середини XX ст. утвердився збірний термін «*social science*» – тепер так позначають усі науки про суспільство і культуру (соціологію, антропологію, економіку, політологію тощо) як єдину сферу, відмінну від фізичних (природничих) наук. Проте варто зауважити, що в

англомовній традиції статус цих «наук про суспільство» був довгий час не рівноцінним природничим: часто їх називали «soft sciences» («м'які науки») на противагу «hard sciences» (фізика, хімія тощо). Для порівняння, у німецькій та слов'янській традиції і соціологія, і фізика однаково є «науками» (Wissenschaften/науки) без такої мовної диференціації.

Історичні особливості розуміння науки позначилися і на розвитку систем освіти. У країнах Західної Європи та Північної Америки вищу освіту з ХІХ ст. все більше спеціалізували: розділяли природничо-наукові факультети і факультети мистецтв/гуманітарних наук. Натомість *континентальний (німецький) університетський підхід* наголошував на єдності навчання і наукових досліджень: студент мав долучатися до «*наукової освіти*» у широкому сенсі – тобто отримувати досвід дослідницької роботи у будь-якій галузі знань [7]. На практиці, звісно, відмінності поступово згладжувалися, але концептуально англо-саксонська модель освіти була більш орієнтована на практичні навички та розділення дисциплін, тоді як континентальна – на фундаментальну наукову підготовку та інтеграцію знань.

Варто згадати і про вплив суспільно-політичних факторів на розуміння науки. У радянській (східній) традиції декларувалося, що наука – вершина пізнання, яка має марксистсько-матеріалістичний фундамент. Але історично це призвело до ідеологізації науки: деякі напрями оголошувалися «лженаукою» з політичних мотивів. Наприклад, у 1930-50-х роках в СРСР були фактично заборонені *класична генетика* (під впливом концепцій Т. Лисенка її називали «буржуазною наукою») та *кібернетика* (оголошена «буржуазною лженаукою») (en.wikipedia.org). Соціологія як самостійна дисципліна взагалі перестала існувати: в 1930-ті рр. її таврували як «буржуазну псевдонауку» і замінили марксистською доктриною історичного матеріалізму. Лише після смерті Сталіна ці обмеження поступово зняли, і з 1960-х років радянська соціологія відродилася як галузь знання.

Отже, у різних державно-культурних умовах історичне розуміння того, *що є наукою*, могло суттєво різнитися – від універсального знання в континентальній Європі до вузького поняття «science» на Заході, і навіть до партійно ідеологізованої «науки» в сталінському СРСР.

На сучасному етапі в різних країнах сформувалися свої підходи до науки та наукової (особливо природничо-наукової) освіти, хоч глобалізація і співпраця значно зблизили ці підходи. Розглянемо регіони окремо, беручи до уваги термінологічні нюанси та традиції:

- *Пострадянські країни (Східна Європа):* У державах, що утворилися після розпаду СРСР, розуміння «науки» багато в чому зберігає радянсько-континентальну спадщину. Термін «наука» й надалі охоплює всю систему знань, а «наукова діяльність» включає і фундаментальні дослідження в гуманітарних галузях. Наукова освіта тут розуміється як підготовка дослідників у будь-якій сфері, не обмежено STEM-напрямами. Водночас, відбувається поступова інтеграція у світовий науковий простір: більшість пострадянських країн приєдналися до Болонського процесу, реформують університети, запозичують західні практики (введення ступенів бакалавра/магістра, грантове фінансування тощо). Країни регіону декларують підтримку науки, але зіштовхуються з проблемами фінансування та відтоку кадрів. Наслідки радянської доби ще відчутні: природничі та технічні науки традиційно користуються високим престижем, тоді як соціальні науки інколи розглядаються скептично через їх пізнє відродження у XX ст. Проте в сучасних умовах і суспільствознавці активно включені в академічне життя. Варто зауважити, що розрив з Заходом у рівні розвитку науки і технологій, який почав формуватися ще за радянських часів, остаточно не подоланий. Пострадянські країни намагаються надолужити це відставання, інвестуючи в інновації та STEM-освіту. В Україні, зокрема, триває реформа наукової сфери: створюються конкурси Національного фонду досліджень, інтегруються до європейських програм (Horizon 2020/Europe), що свідчить про переорієнтацію на західні стандарти наукової освіти і досліджень.

- *Європа (континентальна):* Європейські країни континентальної традиції (Німеччина, Франція, Італія, скандинавські та ін.) сьогодні продовжують розвивати науку, спираючись на поєднання своєї історичної моделі та нових викликів. Поняття *Wissenschaft/science* залишається всеосяжним: наприклад, у Німеччині й надалі всі університетські дисципліни вважаються науками, хоча на практиці розрізняють *Naturwissenschaften* (природничі науки) та *Sozial/Geisteswissenschaften* (соціальні/гуманітарні). Наукова освіта на континенті традиційно зорієнтована на формування дослідницьких навичок і критичного мислення. Університети дотримуються гумбольдтівського ідеалу інтеграції освіти і науки: студенти залучені до дослідницьких проєктів, існує тісний зв'язок між викладацькою та науковою роботою професорів. Водночас, з кінця XX ст. європейська вища освіта зазнала змін під впливом так званої *неоліберальної моделі* університету: від закладів почали вимагати більшої практичної віддачі, співпраці з промисловістю, прикладних розробок [7]. Сучасні європейські університети змушені балансувати між ідеалами «чистої

науки» і потребами економіки. ЄС через рамкові програми (як-от «Horizon Europe») стимулює міждисциплінарність, інновації та участь науки у вирішенні суспільних проблем. Проте і фундаментальна наука, і класична університетська science education (в широкому розумінні – підготовка науковців) лишаються сильними. У Європі велика увага приділяється популяризації науки та науковій грамотності населення. Наприклад, у Франції та Німеччині діють потужні мережі науково-дослідних інституцій (CNRS, Max Planck Gesellschaft тощо), які тісно співпрацюють з університетами у підготовці наукових кадрів. Отже, сучасне розуміння науки в Європі – це синтез історичної континентальної широти підходу (наука як культура і знання) з вимогами ефективності та інноваційності. *Континентальний підхід* до наукової освіти зберіг спадкоємність: як і раніше, *будь-яка* академічна дисципліна вважається частиною науки, але тепер вже з більшим акцентом на її внесок у економіку та суспільство.

- *Велика Британія:* Хоча Великобританія географічно в Європі, її освітньо-наукова традиція часто протиставляється «континентальній». Сучасне британське розуміння науки продовжує англо-саксонську лінію: *science* найчастіше означає природничі та технічні галузі. Гуманітарні дисципліни і частково соціальні науки виділяються в окремий сектор академії (наприклад, розрізнення між *Science vs Arts* у назвах факультетів). Після Другої світової війни Британія, втім, поступово перейняла деякі риси континентальної моделі – зросла роль досліджень в університетах, були створені наукові ради для фінансування і розвитку досліджень. Але традиційно британська вища освіта більш спеціалізована: студенти обирають вузьку сферу вже на рівні бакалаврату (на противагу німецькій чи американській моделі широкого базового навчання). Наукова освіта у Великій Британії зорієнтована на підготовку висококваліфікованих фахівців у конкретних науках; існує розвинена система докторських програм (PhD) для формування дослідників. Ставлення суспільства до науки у Британії можна охарактеризувати фразою «дві культури» (термін, уведений Ч. Сноу) – тобто все ще відчувається певний розрив між світом природничих наук і світом літератури та мистецтва [21]. Проте на державному рівні наука розуміється як ключовий чинник прогресу. Британія активно інвестує в наукові дослідження і таким чином прагне зберегти статус наукової держави. В концепціях *STEM*-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics) британські підходи близькі до американських: акцент на інноваціях, підприємливості, практичному застосуванні знань. Термін «*science education*» у сучасній Великобританії найчастіше стосується шкільної освіти з природничих

наук і методики її викладання, а не освіти в гуманітарних сферах – останнє радше називають *education in humanities/arts*. Таким чином, британське розуміння науки зараз є своєрідним поєднанням історичного вузького (природничого) сенсу і усвідомлення міждисциплінарних викликів ХХІ ст., але мовні та інституційні межі між «науками» і «мистецтвами» все ще присутні.

- *США і Канада (Північна Америка)*: У Сполучених Штатах та Канаді наука і наукова освіта мають в першу чергу прагматично-орієнтоване трактування. Історично США запозичили англійську модель розрізнення сфер знань, однак у ХХ ст. розвинули власну потужну наукову систему, яка багато в чому стала зразком для інших. Поняття *science* тут стійко асоціюється з природничими і технічними дисциплінами, а термін *STEM* увійшов у широку лексику, відображаючи пріоритетність науки і техніки. Наукова освіта в США – це, з одного боку, широка базова підготовка (*liberal arts education* на бакалавраті включає і курси з природничих наук, і з гуманітарних), а з іншого – сильна післядипломна спеціалізація і дослідницькі програми. Американське суспільство розуміє цінність науки переважно через її вклад в інновації, економічний розвиток та національну безпеку. Знаковим є історичний приклад: після запуску радянського «Супутника» (1957 р.) США здійснили масштабну реформу освіти, щоб посилити підготовку з наук і техніки та не відстати у технологічному змаганні [32]. Сьогодні у США науку розуміють як драйвер економіки знань, а *science education* на рівні школи і коледжу фокусується на розвиткові наукової грамотності, навичок вирішувати проблеми, проєктної роботи. В Канаді ситуація подібна: наука вважається пріоритетною сферою, існують державні програми популяризації *STEM* серед молоді. Водночас, як і в Європі, у Північній Америці зростає увага до міждисциплінарності: поняття *STEAM* (*STEM + Arts*) покликане інтегрувати природничо-технічні науки з творчими і гуманітарними підходами. Але на лінгвістичному рівні відмінність залишається: під «*scientist*» в США/Канаді розуміють, як правило, фахівця в галузі природничих або точних наук, а, скажімо, історика чи філолога там так не назвуть (для них є слово *scholar*). Натомість у слов'янських країнах і дотепер, перекладаючи слово «вчений» англійською, можуть вжити *scientist* щодо будь-якого дослідника, що інколи викликає термінологічні непорозуміння.

Отже, попри різні історичні траєкторії, сучасне розуміння науки і наукової освіти у Західному світі (Європа, Північна Америка) та пострадянських країнах поступово зближується під впливом глобальних процесів. Визнано, що наука – це не лише двигун технологій, а й система знань, яка включає розуміння

суспільства (соціальні науки) і культурні аспекти (гуманітарні науки). Однак мовні традиції продовжують відігравати роль: англomовна традиція розрізняє *science* vs. *humanities*, тоді як континентальна й східноєвропейська оперує єдиним поняттям «наука» для всіх галузей знань [16]. Це слід враховувати при перекладі та міжнародній комунікації, аби зберігати коректність смислів. В освітній політиці різних країн простежуються акценти: пострадянські країни намагаються реформувати наукову освіту, запозичуючи західні практики, Європа балансує між континентальними ідеалами та вимогами часу, Великобританія й США роблять наголос на інноваційності та прикладному значенні науки. Проте всіх їх об'єднує розуміння, що наукова освіта – критично важлива для розвитку суспільства, а наука є міжнародним і міжкультурним явищем, що збагачується різноманітністю підходів.

2.2. Класичні навчальні підходи до формування наукової грамотності, наукового мислення та дослідницької компетентності у світовій традиції

У світовій педагогічній традиції напрацьовано багато підходів, що сприяють розвитку наукової грамотності, наукового мислення та дослідницької компетентності учнів. Кожен із цих підходів пропонує особливі методи навчання, які залучають учнів до активного опанування наукових знань, формування навичок дослідження та критичного мислення. Нижче описано ключові класичні підходи – від дослідницького і проблемного навчання до STEM-освіти, проєктів, феноменологічного підходу, навчання через відкриття, громадянської науки, науково-технічного навчання та менторства – з прикладами їх реалізації у світовій практиці.

Дослідницько-орієнтоване навчання (Inquiry-Based Learning)

Дослідницько-орієнтоване навчання передбачає, що учні опановують нові знання через активне дослідження і застосування наукового методу. Замість пасивного слухання лекцій, школярі ставлять запитання, висувують гіпотези, спостерігають, вимірюють і проводять експерименти, самостійно доходючи висновків [15]. Такий підхід вчить мислити як науковці: формулювати ідеї та перевіряти їх практикою, аналізувати результати й у разі потреби коригувати початкові уявлення. Наприклад, на уроці біології учні можуть самі дослідити, який із кількох ґрунтів найкраще підходить для росту рослин – вони саджають насіння, стежать за ростом, збирають дані і роблять висновки. Учитель при цьому виступає фасилітатором, який спрямовує запитання учнів і обговорення.

Дослідницьке навчання розвиває в учнів розуміння наукового процесу, критичне мислення і вміння самостійно набувати знання.

STEM/STEAM-освіта (інтегроване навчання природничої науки, технологій, інженерії, математики/ мистецтва та гуманітарних наук)

STEM-підхід (Science, Technology, Engineering, Mathematics) інтегрує навчання природничих наук з технологіями, інженерією та математикою, наголошуючи на міждисциплінарності та практичному застосуванні знань. Учні навчаються бачити зв'язки між різними галузями: наприклад, застосовують математичний аналіз у науковому проєкті чи використовують знання з фізики та інженерії для конструювання приладу. STEM-навчання часто реалізується через вирішення реальних задач і проєктів, що відображають життєві проблеми, завдяки чому студенти розвивають творче та критичне мислення [14]. Один із головних результатів STEM-освіти – формування навичок вирішувати комплексні проблеми: учні вчаться генерувати ідеї, перевіряти їх експериментально, працювати в команді, формулювати результати. Наприклад, у STEM-проєкті школярі можуть розробити модель „розумного» будинку – для цього потрібно знати основи фізики (енергозбереження), програмування та електроніки, а також врахувати математичні розрахунки і дизайнерські рішення. Подібна діяльність не лише поглиблює предметні знання, а й виховує наполегливість у досягненні мети, вміння працювати разом і адаптуватися до нових викликів. У підсумку STEM-освіта сприяє підготовці учнів до сучасного технологічного світу, підвищує їхню науково-технічну грамотність і впевненість у власних дослідницьких здібностях.

STEAM-освіта розширює STEM-підхід, додаючи компонент *Arts* (гуманітарні та соціальні дисципліни) [34]. Це дозволяє поєднати технічне й наукове мислення з естетичним баченням, креативністю та культурним контекстом. STEAM-проєкти стимулюють учнів не лише до вирішення технічних задач, а й до створення інноваційних продуктів із соціальною чи культурною цінністю. Наприклад, розробка інтерактивної виставки з використанням технологій віртуальної реальності поєднує знання з програмування та фізики з дизайнерським підходом і художнім баченням. Така інтеграція сприяє формуванню гармонійно розвиненої особистості, здатної мислити як логічно, так і творчо, а також адаптуватися до складних викликів сучасного суспільства.

Проблемне навчання (Problem-Based Learning)

Проблемне навчання – це підхід, за якого процес навчання організовано навколо розв’язання відкритої проблеми з реального життя [30]. Учням спочатку пропонують певну проблему або сценарій, який потрібно дослідити і вирішити, замість того щоб подавати теорію наперед. Ця проблема стає мотиватором: школярі в групах обговорюють, що вже знають про неї, які знання треба ще отримати, планують свої дії для знаходження рішення. В процесі вони розвивають уміння аналізувати ситуацію, шукати і опрацьовувати інформацію, мислити критично та працювати в команді. Наприклад, у курсі хімії може бути поставлено проблему забруднення місцевої річки: учні визначають можливі причини, розподіляють ролі (хтось досліджує хімічний склад води, хтось – вплив на екосистему, інші – шукають способи очищення) і разом пропонують розв’язки. Проблемне навчання сприяє глибшому розумінню матеріалу, адже знання засвоюються в контексті практичного застосування. Учні набувають дослідницької компетентності, навчаються формулювати власні запитання і працювати над ними до отримання результату. Таким чином, проблемно-орієнтований підхід готує молодь до реальних ситуацій, де потрібно самостійно та творчо вирішувати складні завдання.

Проектне навчання (Project-Based Learning)

Проектне навчання передбачає тривалу командну роботу учнів над комплексним завданням або проєктом, який має практичний вихід (продукт, презентацію, модель тощо). Формально його визначають як метод навчання, за якого учні здобувають знання і навички, працюючи впродовж тривалого часу над дослідженням та відповіддю на автентичне, значуще і комплексне питання чи проблему [18]. На відміну від традиційного навчання, де проєкт виконує допоміжну роль і йде після вивчення теорії, в PBL сам проєкт стає центральним елементом навчання. Учні спочатку отримують складне практичне завдання, яке потребує застосування знань з різних дисциплін, і в процесі роботи над ним опановують новий матеріал. Наприклад, клас може виконувати проєкт «Місячна колонія»: команди учнів прораховують умови на Місяці (фізика, астрономія), планують систему життєзабезпечення (біологія, хімія), розробляють макет бази (інженерія, образотворче мистецтво) та презентують свої рішення громаді. Такий підхід інтегрує знання з різних галузей, розвиває навички дослідження, співпраці, креативність та комунікацію. Важливо, що у проєктному навчанні процес не менш значущий, ніж результат: учні вчаться планувати роботу, розподіляти ролі, вирішувати конфлікти, презентувати свої ідеї.

Дослідження підтверджують, що проєктне навчання підвищує наукові досягнення учнів, їхню наукову грамотність і залученість, особливо якщо проєкти мають реальний зв'язок з життям дітей.

Феноменологічне (феномен-орієнтоване) навчання

Феноменологічний підхід у навчанні, відомий як Phenomenon-Based Learning (PhenoBL), зародився як інновація у фінській освітній системі і нині привертає все більше уваги [12]. Його суть – відмовитися від суворого поділу на предмети і зосередити навчання довкола реальних феноменів або тем, які виходять за межі однієї науки. Замість того щоб вивчати фізику, хімію чи історію окремо, учні досліджують комплексне явище, яке можна розглянути під різними кутами. Наприклад, феномен «зміна клімату» охоплює наукові аспекти (парникові гази, температура), технологічні та економічні (джерела енергії, промисловість), соціальні (поведінка людей, політика) – і вся ця багатовимірність вивчається цілісно. У Фінляндії з 2016 року школи зобов'язані щороку проводити щонайменше один міждисциплінарний модуль навчання на основі феноменів. Підхід PhenoBL має п'ять вимірів: цілісність (holisticity), автентичність, контекстуальність, проблемно-дослідницький характер і відкритий процес навчання. Це означає, що освіта будується на реальних, життєвих питаннях (автентично і в контексті), розглядає їх комплексно (цілісно) і заохочує учнів самим формулювати проблеми для дослідження та шукати відкриті варіанти рішень. Наприклад, восьмикласникам можуть запропонувати вибрати феномен, пов'язаний з Європою: один проєктує дослідження на тему «Їжа в німецькій культурі», інший – «Мистецтво Європи», ще інший – «Аушвіц як історичний феномен». Учні самі формулюють питання, які їх цікавлять у межах обраного феномену, і разом з учителями планують дослідницьку діяльність, яка охоплює знання з різних предметів. Феноменологічне навчання вчить бачити цілісну картину світу, переносити наукове мислення на комплексні реальні проблеми, толерантно ставитися до невизначеності (адже сучасні проблеми часто не мають однозначних відповідей) та співпрацювати у команді над міждисциплінарними проєктами. Цей підхід готує учнів до викликів майбутнього, які потребуватимуть широкого світогляду і вміння об'єднувати знання різних сфер для пошуку рішень.

Навчання на основі відкриттів (Discovery Learning)

Навчання на основі відкриттів – це педагогічний підхід, при якому учням не подають готові факти, а пропонують самостійно відкрити їх у процесі взаємодії з матеріалом та виконання завдань [8]. Цей метод є різновидом дослідницького, *конструктивістського* навчання, де діти *«вчать»ся, роблячи»*. Історично його пов'язують із психологом Джеромом Брунером, який у 1960-х роках обґрунтував, що знання, здобуті шляхом власного відкриття, міцніше засвоюються і стають доступнішими для розв'язання проблем. У практиці *discovery learning* учитель мінімально директивний: замість детального пояснення він створює умови (набори матеріалів, питання, проблемні ситуації), у яких учні самі шукають закономірності та відповіді. Наприклад, замість розказати учням закони Архімеда про плавання тіл, учитель дає різні предмети і пропонує з'ясувати, які з них тонуть, а які плавають, і чому. Діти експериментують з формою і матеріалом, висувують гіпотези (чи залежить плавучість від форми?), перевіряють їх – тобто самі роблять «відкриття» принципу сили, яка виштовхує. Такий підхід розвиває допитливість, уміння ставити запитання і логічно мислити. Важливо зазначити, що *pure discovery* – цілковито *некероване відкрите навчання* – може бути неефективним, тому сучасні методики рекомендують *керовані відкриття*: учитель направляє учнівський пошук, надає підказки, обговорює з дітьми їхні знахідки [24]. Навчання на основі відкриттів добре мотивує учнів, оскільки вони відчують радість від самостійно знайдених рішень, і формує в них навички наукового пошуку, які залишаються з ними на все життя.

Громадянська наука як освітній підхід (Citizen Science)

Громадянська наука – це залучення небайдужих громадян, у тому числі учнів, до справжніх наукових досліджень у співпраці з професійними вченими. Як освітній підхід, вона дає можливість навчатися *через участь у реальних дослідженнях*, що надзвичайно підвищує мотивацію і розуміння науки. Учні не просто вивчають теорію, а разом з науковцями збирають дані, роблять вимірювання, спостерігають явища природи, аналізують результати – словом, долучаються до повноцінного наукового процесу. Дослідження показують, що участь у громадянській науці не лише поглиблює знання чи покращує ставлення до науки, а й спонукає молодь переходити від знань до дій – вирішувати наукові й екологічні проблеми у своїх громадах [28]. Яскравий приклад – програма «Think Like a Citizen Scientist» для дівчат-скаутів у США. Дівчатка 4–11 років спочатку навчалися робити наукові спостереження, формулювати передбачення,

збирати дані та аналізувати їх, а потім долучилися до громадянського наукового проєкту і реалізували власні «проєкти дії» в громаді [33]. Наприклад, одні встановили у своєму місті контейнери для переробки пластику, інші заклали сад для приваблення місцевих видів метеликів – продовживши таким чином науку практичними екологічними діями. В результаті більшість учасниць не тільки покращила свої знання і навички наукового дослідження, але й виявила зростання наукової грамотності та громадянської відповідальності – вони стали поширювати наукові знання серед оточення, пропагувати екологічні ініціативи. Отже, громадянська наука як навчальний підхід дає подвійний ефект: з одного боку, учні набувають дослідницької компетентності, краще розуміють, як працює наука на практиці; з іншого – формується активна громадянська позиція і усвідомлення, що наука може і повинна служити суспільству.

Науково-технічне навчання (інтеграція науки та технологій, підхід STS)

Науково-технічний підхід у освіті зосереджується на зв'язках між наукою, технологіями та суспільством, щоб навчання науки було осмисленим і практично спрямованим. Цей напрям виріс з руху *Science, Technology and Society (STS)* у науковій освіті, що наголошує на вивченні науково-технічного прогресу в його культурному, економічному, соціальному і політичному контексті [23]. На уроках за таким підходом учні розглядають не лише наукові теорії, а й їхнє застосування в технологіях, вплив на повсякденне життя та глобальні процеси. Мета – сформувати цілісне розуміння, як наука і техніка змінюють світ, і виховати громадян, здатних приймати відповідальні рішення щодо науково-технічних питань. Наприклад, обговорюючи тему генетики, клас може вивчати не лише біологічні основи, а й етичні та соціальні аспекти генної інженерії; у фізиці – розглядати історію винайдення ядерної енергії та проблеми її безпечного використання; в хімії – аналізувати, як хімічні технології впливають на довкілля і які існують альтернативи. Історично спорідненим є і принцип *політехнічного навчання*, коли шкільна освіта поєднувалася з практичними технічними знаннями: учні освоювали роботу з приладами, інструментами, розуміли технологічні процеси. У сучасному вигляді науково-технічне (або ж науково-технологічне) навчання може включати проєкти з робототехніки, інженерні конкурси, лабораторні практикуми з конструювання – все, що демонструє застосування наукових принципів у техніці. Такий підхід розвиває в учнів *технологічну грамотність* разом з науковою: школярі розуміють, як теорія втілюється в реальні пристрої та інновації, і водночас усвідомлюють суспільні

виклики, пов'язані з наукою і технологіями (як-от енергетика, екологія, охорона здоров'я). Як результат, випускники краще підготовлені до світу, де наукові знання тісно переплітаються з інженерією та соціальними рішеннями, і володіють компетентністю застосовувати науку на практиці на благо суспільства.

Менторський підхід у дослідницькому навчанні (наставництво)

Менторський підхід передбачає персональне наставництво учнів у проведенні наукових досліджень з боку досвідчених фахівців чи вчителів. По суті, це модель «учень–наставник», подібна до класичного наукового стажування або учнівства, коли новачок вчиться майстерності під керівництвом досвідченого майстра. У сфері освіти це реалізується через програми наукового менторства: учня (школяра чи студента) прикріплюють до науковця або ментора, який допомагає спланувати і виконати власний дослідницький проєкт, навчає методів і контролює процес. Яскравий приклад – *Програма наукового менторства* (Science Research Mentoring Program, SRMP) при Американському музеї природної історії в Нью-Йорку. В її рамках старшокласники протягом цілого навчального року працюють над оригінальним науковим дослідженням під керівництвом науковця ментора [4]. Кожен учасник долучається до справжнього проєкту – від генетики павуків до астрофізики чи археології – і проводить дослід, збирає та аналізує дані, обговорює результати з наставником. За час роботи учні опановують широкий спектр практичних наукових навичок: працювати з лабораторним обладнанням (наприклад, виділяти ДНК чи вимірювати дані з телескопа), програмувати та опрацьовувати великі масиви інформації, читати наукові статті, оформлювати результати досліджень. Не менш важливо, що вони стають частиною наукової спільноти, вчаться командній взаємодії, науковій комунікації – презентувати свої знахідки, писати звіти, обговорювати ідеї.

Менторський підхід дає змогу передати учням негласні знання і цінності науки – дослідницьку етику, наполегливість, увагу до достовірності даних. Для молодих людей участь у менторських програмах часто стає поворотним моментом: вони отримують дослідницьку компетентність не з підручників, а з власного досвіду, під керівництвом наставника, який підтримує, ставить виклики і допомагає їх долати. Таким чином, наставництво в навчанні формує майбутніх науковців і спеціалістів через особистий приклад і практику, забезпечуючи тяглість наукової традиції.

Перелічені підходи – лише основні з тих, що склалися в світовій освіті для розвитку наукової грамотності й мислення. Багато з них поєднуються на практиці: так, STEM-проекти можуть включати елементи дослідницького, проблемного навчання і наставництва; феномен-орієнтовані модулі нерідко будуються як проєктні чи проблемні; громадянська наука спирається на дослідницьку активність учнів тощо. Спільним є те, що всі ці підходи зміщують фокус з пасивного засвоєння фактів на *активне залучення учнів до наукового пошуку*, розвиваючи у них розуміння науки як живого процесу. У сучасному світі, який дедалі більше залежить від науки і технологій, такі методи навчання допомагають виховати покоління громадян, спроможних критично мислити, робити обґрунтовані висновки, продовжувати вчитися впродовж життя і відповідально використовувати наукові знання для розв'язання проблем людства.

2.3. Особливості наукової освіти в країнах ЄС

Європейські країни приділяють значну увагу науковій освіті, оскільки вона впливає на підготовку майбутніх фахівців і конкурентоспроможність економіки знань. На початку XXI століття було зафіксовано тривожне зниження інтересу молоді до вивчення природничих наук і математики [13]. Це викликало занепокоєння щодо довгострокової здатності Європи до інновацій та високого рівня наукових досліджень. У відповідь ЄС поставив амбітні цілі – наприклад, до 2020 року зменшити частку 15-річних учнів з низькими досягненнями з природничих дисциплін, математики та здібностей читання наукових текстів до менше 15 % [13]. Проте досягнення таких цілей вимагало глибоких реформ у підходах до викладання науки.

Одним з ключових трендів у науковій освіті Європи стало впровадження дослідницько-орієнтованого навчання (Inquiry-Based Science Education, IBSE). Експертна група ЄС дійшла висновку, що перехід від переважно дедуктивного, фактологічного навчання до дослідницького є дієвим засобом підвищення зацікавленості учнів у науці [13]. Їх досвід показує, що навчання через проведення експериментів і досліджень ефективно працює як у початковій, так і в середній школі: воно підвищує інтерес і успішність учнів, мотивує самих вчителів, а також добре впливає на всіх учнів – від найслабших до найсильніших. Важливо, що такий підхід особливо сприятливий для залучення дівчат до науки, допомагаючи подолати гендерний дисбаланс. За даними Єврокомісії, близько 60 % випускників природничо-наукових спеціальностей у Європі – чоловіки,

тож залучення дівчат розглядається як можливий ресурс та пріоритетне завдання.

Багато країн ЄС розробили національні стратегії модернізації навчання природничих наук. Ці стратегії зазвичай мають на меті підвищити мотивацію учнів, оновити навчальні програми та методики, а також забезпечити безперервність підготовки – від шкільної лави до університету [13]. Спільними елементами є розвиток партнерств між школами та науковими установами, впровадження профорієнтації у сфері STEM та підвищення кваліфікації вчителів. Окремий наголос – на заохоченні молоді до наукової кар'єри, особливо дівчат. Наприклад, у стратегіях Німеччини, Франції, Нідерландів та інших країн прямо вказується мета збільшити частку дівчат, що обирають наукові спеціальності. Важливою тенденцією також стала інтеграція навчання: у початковій школі майже всюди в Європі природничі науки викладаються інтегровано, як єдиний предмет, пов'язаний із вивченням навколишнього світу. Такий міждисциплінарний підхід покликаний формувати в учнів цілісне уявлення і дослідницьке ставлення до довкілля, закладаючи основу для глибшого вивчення окремих наук у старших класах.

Німеччина: досвід та ініціативи

Для Німеччини поштовхом до реформ став так званий «шок PISA» на початку 2000-х років, коли виявилися прогалини у підготовці учнів. Німецька освіта традиційно диференційована за типами шкіл, але в усіх федеральних землях було розгорнуто програми підвищення якості природничо-математичної освіти. У 2005 році Постійна конференція міністрів освіти земель прийняла резолюцію щодо розвитку навчання математики і природничих наук, на основі якої стартували численні програми та партнерські проєкти [13]. Яскравим прикладом є освітній кластер у науковому містечку Адлерсгоф (Берлін): там діє ініціатива *«Шкільні лабораторії: навчання через практику»*, де учні старших класів проводять експерименти в реальних наукових лабораторіях на різні теми. У рамках проєкту ELAN (Experimentierlabor Adlershof) з 2008 року учні від 5-го класу і їхні вчителі беруть участь у лабораторних заняттях з хімії за підтримки Хумбольдтського університету. Подібні *«лабораторії для школярів»* (нім. *Schülerlabor*) створені і при інших університетах та науково-дослідних установах по всій країні, надаючи можливість школярам спробувати себе в ролі дослідників [19].

Окремо слід відзначити позашкільний напрям. У Німеччині з 1965 року проводиться конкурс «Jugend forscht» («Югенд форшт» – «Молодь досліджує»),

який наразі є найбільшим молодіжним науково-технічним змаганням у Європі (щорічно понад 10 тисяч учасників). Школярі та студенти (до 21 року) працюють над власними дослідницькими проєктами і захищають їх перед журі, що складається з науковців та інженерів. Цей конкурс став дієвим інструментом заохочення наукової кар'єри: згідно з опитуваннями, 9 з 10 його фіналістів у подальшому обирають навчання на природничо-наукових або технічних спеціальностях, а більшість переможців згодом працюють у сфері досліджень і розробок – в університетах, наукових інститутах чи провідних компаніях [31]. Учасники «Jugend forscht» не тільки змагаються, а й отримують підтримку для розвитку: для них організовують стажування в установах або університетах та участь у наукових конференціях, що допомагає їм поглибити знання і налагодити контакти для майбутньої кар'єри.

Ще одним пріоритетом німецької наукової освіти є залучення до науки груп, що традиційно менше представлені, – насамперед дівчат. У 2008 році стартував Національний пакт за жінок у MINT (аббревіатура, що відповідає STEM) – ініціатива «Go MINT!», покликана заохочувати дівчат до математичних, ІТ та природничо-технічних спеціальностей [13]. Пакт об'єднав зусилля уряду, бізнесу і освітян: проводяться дні відкритих дверей на підприємствах, менторські програми, спеціальні гуртки для дівчат, щоб зруйнувати стереотипи і показати привабливість наукових професій для молодих жінок. Таким чином, у Німеччині формування дослідницьких умінь і інтересу до науки починається ще зі школи – через практичні заняття, конкурси та партнерства, що створюють місток до майбутньої наукової кар'єри.

Франція: інноваційні методи і наукова культура

Французька система освіти історично вирізнялася академічною ґрунтовністю та централізованими програмами. Останні десятиліття принесли усвідомлення необхідності робити викладання науки більш практичним і цікавим для учнів. У 1996 році за ініціативи Нобелівського лауреата Жоржа Шарпака та Французької академії наук був започаткований проєкт «*La main à la pâte*» («Рука в тісті»), що впровадив у початкових школах нову методику – навчання через власні дослідження і експерименти [13]. Ця програма зосередилася на тому, щоб діти початкових класів «*ставили руки в тісто*» науки – проводили прості експерименти, спостерігали за явищами, обговорювали результати. Підходи *La main à la pâte* значно вплинули на французьку початкову школу, інтегрувавши інтенсивну дослідницьку діяльність і розвиваючи в учнів одночасно наукові, мовні та соціальні навички.

У середній школі Франція традиційно викладала природничі науки як окремі дисципліни (фізика, хімія, науки про життя і Землю), але нещодавно почалися експерименти з інтегрованим курсом. З 2009 року близько 50 коледжів запровадили інтегроване викладання науки і технології (EIST) у 6–7 класах, де різні галузі знань поєднані для формування міждисциплінарного розуміння [13].

На державному рівні Франція теж сформулювала цілісну політику: у березні 2011 року було офіційно затверджено національну стратегію розвитку наукової і технічної освіти [13]. Ця стратегія передбачає модернізацію навчальних програм, підготовку вчителів і цілу низку заходів для популяризації науки серед молоді. Зокрема, при Міністерстві освіти і Міністерстві вищої освіти та досліджень створено організацію «*Sciences à l'École*», яка підтримує наукові проекти, що здійснюються школярами поза рамками обов'язкових уроків (у гуртках, клубах, спецкурсах). *Sciences à l'École* фінансується державою спільно з промисловим фондом C.Genial і опікується низкою шкільних мереж: наприклад, «*Sismo à l'École*» (сейсмологія в школі), «*Météo à l'École*» (метеорологія) та ін., анонсовано також запуск «*Génome à l'École*» (геноміка). Ці проекти залучають науковців з інститутів і університетів, що курують роботу шкільних команд. Таким чином, французькі учні отримують шанс долучитися до справжніх досліджень – встановити на шкільному подвір'ї сейсмограф чи виконати біотехнологічний експеримент – під наставництвом учених.

Франція багато інвестує і в популяризацію науки та позашкільну освіту. У 2010 році об'єднали два великі наукові центри – *Cité des sciences et de l'industrie* і *Palais de la Découverte* – в єдиний комплекс «*Universcience*» (www.universcience.fr/). *Universcience* позиціонується як сучасний музей науки для всіх, де відвідувачі можуть взаємодіяти з експонатами, спостерігати наукові демонстрації, брати участь у майстер-класах. Щороку в жовтні за підтримки Міністерства вищої освіти та досліджень проводиться «*Fête de la science*» – тиждень науки, протягом якого по всій країні проходять тисячі заходів: лекції вчених, дні відкритих дверей у лабораторіях, виставки і змагання (www.fetedelascience.fr/). Особлива увага – стимулюванню наукових інтересів у дівчат. У загальнонаціональному освітньому стандарті (*socle commun*) прямо зазначено необхідність формувати наукові амбіції в учнів обох статей, а в академії Версаль ще 2006 року стартував пілотний проєкт «*Pour les Sciences*» («За науку») – з метою мотивувати молодь, особливо дівчат, обирати наукові спеціальності (<https://pourlessciences.ac-versailles.fr/>). В його межах проводились

додаткові заняття і наставництво для школярів, показуючи приклади успішних жінок-науковців. Французький досвід демонструє поєднання інновацій у методах навчання з потужною державною підтримкою наукової культури, що разом покликані виховати нове покоління науковців.

Нідерланди: раннє залучення молоді і партнерство з індустрією

Нідерланди вибудували комплексну систему стимулювання науки й техніки серед учнів, спираючись на широке партнерство уряду, освітнього сектору та бізнесу. У 2004 році уряд заснував незалежну виконавчу організацію *Platform Bèta Techniek* – Національну платформу з науки і технологій (<https://www.ptvt.nl/>). Вона була створена одразу трьома міністерствами (економіки, освіти і соціальних справ) з метою забезпечити, щоб у країні вистачало фахівців з технічними і науковими навичками для потреб економіки. *Platform Bèta Techniek* діє як координатор багатьох програм на всіх рівнях освіти – від початкової школи до вишів – і тісно співпрацює з промисловими компаніями. Однією з флагманських ініціатив стала мережа *Jet-Net* (Youth and Technology Network), започаткована у 2002 році провідними технологічними компаніями спільно з урядом і школами. *Jet-Net* дає змогу учням середніх і старших класів відвідувати підприємства, спілкуватися з інженерами, брати участь у практичних проєктах, пов'язаних з реальними технологіями [13]. Це допомагає показати, як знання науки застосовуються на практиці, і підвищує привабливість інженерних та наукових професій.

Нідерландська стратегія особливо акцентує підтримку тих груп молоді, що можуть стикатися з бар'єрами в опануванні науки. Зокрема, ставиться мета заохотити більше дівчат і дітей мігрантів обрати STEM-напрями. Програми, що реалізує *Platform Bèta Techniek*, мають конкретні цільові показники – наприклад, збільшити кількість школярів, які обирають профільні курси з науки і техніки в старшій школі, на 15 %. В рамках цих програм проводяться спеціальні заходи для дівчат: для прикладу, діяльність платформи дає змогу багатьом голландським школяркам краще усвідомити власні здібності і отримати позитивний досвід у науці та технологіях. Одночасно приділяється увага інтеграції дітей іммігрантів – для них організовують додаткові гуртки, мовну підтримку при вивченні наук тощо.

Цікаво, що в Нідерландах почали піклуватися про розвиток наукового потенціалу дітей буквально з дитячого садка. У 2005 році стартував дослідницький проєкт «*TalentenKracht*» («*Допитливі розуми*»), в якому вчені разом з педагогами вивчали, як проявляється і розвивається хист до науки у дітей

3–6 років, і створювали методики для підтримки дитячої допитливості [13]. Для обдарованих школярів початкової ланки запущено програму «Orion», що передбачає створення регіональних наукових осередків: університет у партнерстві з кількома школами організовує для молодших учнів спеціальні заняття і менторство, аби розвинути їхні здібності. Крім того, по всій країні проводяться наукові олімпіади, конкурси технологічних проєктів, працюють літні табори з програмування і робототехніки для школярів.

Невід’ємною складовою голландського підходу є високорозвинена мережа неформальної освіти. Наприклад, у Амстердамі працює великий інтерактивний музей *NEMO*, орієнтований на дітей і молодь віком від 6 до 16 років (<https://www.nemosciencemuseum.nl/>). У цьому науковому центрі відвідувачі можуть власноруч експериментувати з законами природи, граючи й навчаючись одночасно. *NEMO* та інші наукові центри Нідерландів тісно співпрацюють зі школами: для учнів організовуються навчальні екскурсії, тематичні уроки в музеї, а вчителі отримують готові освітні матеріали. Таким чином, Нідерланди демонструють модель, в якій держава, бізнес і наукова спільнота спільно формують у молодого покоління інтерес до науки, починаючи з раннього віку і супроводжуючи таланти до самих університетів.

Фінляндія: якісна освіта і цікавість до науки

Фінська система освіти відома у світі своїми високими результатами та особливою філософією навчання. У міжнародних тестуваннях PISA фінські учні традиційно показують найкращі результати в Європі з природничих наук – наприклад, у 2009 році середній бал у Фінляндії становив 554, що на 50 пунктів перевищувало середній показник по ЄС [13]. Досягнення Фінляндії пов’язують із загальною якістю освіти: високий рівень підготовки вчителів (усі вчителі мають ступінь магістра), довіра до школи з боку суспільства, відсутність надмірного тестування і зосередженість на розвитку компетентностей. Ще на початку 2000-х Фінляндія впровадила національну стратегію з популяризації математично-природничих дисциплін (діяла до 2002 року). Хоча окремої чинної стратегії зараз немає, фінські школи продовжують активно впроваджувати інновації. Зокрема, новий державний навчальний план 2016 року запровадив поняття *«phenomenon-based learning»* – тематичне навчання на основі явищ, яке вимагає, щоб хоча б один міждисциплінарний проєкт на рік об’єднував різні предмети (в тому числі науки) навколо реальної проблеми [38].

На практиці в початковій школі Фінляндії природознавство інтегровано у курс ознайомлення з довкіллям, і лише в середніх класах поступово

виокремлюються предмети фізики, хімії, біології тощо. Це відповідає скандинавській традиції робити акцент спершу на цілісному розумінні світу. Викладання науки орієнтоване на розвиток мислення: учнів навчають висувати гіпотези, проводити спостереження, обговорювати явища природи. Оцінювання більшою мірою формувальне (зворотний зв'язок), ніж суворе тестове. Цікаво, що фінські учні при цьому проводять у школі менше часу і мають менше домашніх завдань, ніж у багатьох країнах, однак якість навчання компенсує кількість.

Велику роль у популяризації STEM серед молоді у Фінляндії відіграють мережі співпраці та позашкільні активності. Ще з 1996 року при Університеті Гельсінкі діє національний координаційний центр *LUMA* (від «*luonnontieteet*» – природничі науки і «*matematiikka*» – математика). *LUMA Centre Finland* об'єднує університети, школи, науково-дослідні установи та компанії з метою підтримувати і просувати якісне навчання природничих наук, математики і технології на всіх рівнях [26]. *LUMA*-центри (вони є у різних регіонах країни) організовують багато активностей: курси підвищення кваліфікації для вчителів, щорічний науковий фестиваль *LUMA*-предметів, «тиждень науки» для шкіл по всій країні, *MST*-табори (математика, наука, технології) для дітей, працюють ресурсні центри з навчальними матеріалами. Цей рух фінансується урядом і приватними партнерами та забезпечує постійний діалог між наукою і школою.

Для вирішення питання гендерної рівності в науці фінські університети проводять дослідження і запускають проєкти. Приміром, проєкт *GISEL* (Gender Issues in Science Education and Learning) в Університеті Гельсінкі досліджує підходи, як підвищити зацікавленість дівчат у науці і техніці, та впроваджує відповідні рекомендації у школах [37]. Тематика сталого розвитку і клімату теж інтегрується в освіту: у 2009 році міністри освіти скандинавських країн ініціювали «*Nordic Climate Day*», коли в школах проводяться інтерактивні заняття, присвячені кліматичним змінам, щоб підвищити обізнаність учнів і зацікавити їх актуальною наукою [13].

Не менш важливо, що в Фінляндії поширена культура наукових центрів і музеїв. Науковий центр *Heureka* у передмісті Гельсінкі – один із найпопулярніших в країні: він пропонує школярам і сім'ям сотні експонатів для самостійних експериментів, планетарій, наукові шоу. Багато шкіл планують навчальні поїздки до *Heureka* та інших центрів, щоб урізноманітнити навчання. Фінські школярі також беруть участь у міжнародних наукових олімпіадах, конкурсах молодих вчених, причому держава підтримує такі ініціативи.

У підсумку фінська модель демонструє, що створення сприятливого середовища – де якісне шкільне навчання підсилюється позашкільними можливостями – дає змогу виростити покоління, яке не лише добре знає науку теоретично, а й відчуває до неї щирий інтерес.

Португалія: реформи та популяризація науки

Португалія – приклад країни, яка за відносно короткий час здійснила значні зміни в освіті й покращила результати учнів з природничих дисциплін. Якщо на початку 2000-х португальські школярі відставали від середньоєвропейського рівня, то вже у 2009 році їхні показники суттєво зросли: середній бал з природничих наук піднявся на 19 пунктів порівняно з 2006 роком, а частка учнів з недостатнім рівнем знань скоротилася на 8 % [13]. Такий прогрес пов'язують з низкою реформ та інвестицій у освіту, зокрема в систему підготовки вчителів і оновлення навчальних програм.

Важливу роль відіграла програма «*Ciência Viva*» («Жива наука»), започаткована урядом ще в 1996 році. Було створено Агентство *Ciência Viva* при Міністерстві науки і технологій – з метою популяризації наукової і технічної освіти в португальському суспільстві, особливо серед молоді. За кілька десятиліть *Ciência Viva* сформувала мережу з понад 20 інтерактивних наукових центрів по всій країні, які відвідують сотні тисяч школярів (<https://www.cienciaviva.pt/>). Агентство проводить щорічні Тиждні науки і технологій, тематичні літні школи для учнів, конкурси, а також надає школам сучасні навчальні ресурси.

Одним з цікавих проєктів став «*Champimóvel*» – мобільна наукова виставка в спеціально обладнаному вантажівці, запущена у 2008 році фондом Champalimaud спільно з Міністерством освіти. *Champimóvel* роз'їжджає по школах країни, демонструючи інтерактивну експозицію про роботу людського організму, генетику, новітні біомедичні технології, аби зацікавити учнів цими напрямками досліджень.

Португалія також зробила акцент на підвищенні якості самого процесу навчання науки. Була усвідомлена проблема, що у початковій школі вчителі часто не мали достатньої підготовки для проведення експериментів на уроках. Тому реалізовано національну програму «*Experiência na Escola*» (Дослідницька робота на уроках у початковій школі), покликану розвинути у вчителів початкових класів навички організації практичних занять з природознавства [13]. Учителі пройшли тренінги, отримали методичні посібники з простими експериментами, які можна виконувати навіть

у звичайному класі для пояснення наукових понять. Це значно урізноманітнює навчання і з юного віку привчає дітей до наукового методу.

На рівні середньої школи португальська система передбачає обов'язкове вивчення щонайменше одного природничого предмета в старших класах. Хоча учні можуть обирати профіль (гуманітарний, науковий тощо), на випускних іспитах кожен має скласти екзамен з бодай однієї наукової дисципліни (біології, фізики або хімії). Це гарантує, що навіть майбутні гуманітарії отримають базову наукову грамотність. Водночас для тих, хто цікавиться наукою глибше, є багато можливостей: працюють гуртки при університетах, проводяться національні олімпіади з біології, математики, фізики, конкурси інженерних проєктів тощо. Більшість таких активностей координує або підтримує *Ciência Viva* та інші державні установи, залучаючи також Європейські фонди. Таким чином, Португалія демонструє, що навіть країна з обмеженими ресурсами може шляхом продуманих інвестицій і партнерств зробити наукову освіту сучаснішою, більш привабливою і результативною.

Отже, наукова освіта в країнах ЄС сьогодні – це динамічна сфера, що поєднує традиції академічної ґрунтовності з інноваціями у педагогіці та широкою підтримкою суспільства. В різних державах існують свої моделі і акценти, але спільною є розуміння: від того, наскільки успішно школи зуміють виховати інтерес до науки, залежить формування майбутніх дослідників, інженерів, лікарів – тих, хто рухатиме прогрес. Європейський досвід показує ефективність комплексного підходу: оновлення методів викладання, а саме перехід до дослідницько-орієнтованого навчання [13], підтримка талановитої молоді через спеціальні програми і конкурси, цілеспрямована робота з подолання гендерних та соціальних бар'єрів, а також тісний зв'язок освіти з науковими та індустріальними партнерами. Зокрема, інвестиції в неформальну освіту дають змогу навчати через практику і надихати учнів реальними прикладами, що істотно підсилює шкільний курс.

Розглянуті країни – Німеччина, Франція, Нідерланди, Фінляндія, Португалія – демонструють успішні практики, які можуть слугувати орієнтиром. Німеччина зробила ставку на партнерство науки і школи та конкурсну культуру, Франція – на ранню дослідницьку активність дітей і національні програми популяризації, Нідерланди – на інтеграцію зусиль бізнесу й освіти та виявлення талантів з дитинства, Фінляндія – на високий професіоналізм учительства і довіру до творчих методів, Португалія – на цілеспрямовані реформи і масове залучення молоді через мережу наукових центрів. Усі ці країни наразі

продовжують удосконалювати свої підходи, реагуючи на виклики часу – від цифровізації освіти до необхідності стійкого розвитку.

Для студентів педагогічних спеціальностей аналіз європейського досвіду наукової освіти є цінним, адже він наочно показує, як можна зацікавити дітей наукою, підготувати їх до дослідницької діяльності та виховати наступне покоління новаторів у нашому взаємопов'язаному світі.

2.4. Особливості наукової освіти в провідних англomовних країнах

Досвід США: стандарти, STEM-ініціативи та стратегічні акценти розвитку освіти

Науково-природнича освіта в Сполучених Штатах має децентралізований характер: навчальні програми визначаються на рівні штатів. Водночас з 2013 року впроваджуються Next Generation Science Standards (NGSS) – сучасні стандарти природничих наук для K-12, розроблені на основі новітніх досліджень у галузі освіти [29]. NGSS акцентують увагу на практичних дослідницьких навичках, міждисциплінарних концепціях і глибокому розумінні ключових ідей, і їх повністю чи частково впровадили десятки штатів. Це сприяє більшій узгодженості змісту природничої науки по країні, незважаючи на збереження автономії штатів у визначенні програм.

У США історично склалася сильна увага до STEM-освіти з огляду на економічну конкуренцію та національну безпеку. Починаючи з «космічних перегонів» 1950–60-х років держава підтримує наукову освіту, а останнім часом приймаються спеціальні закони та програми для її розвитку. Зокрема, закон STEM Education Act (2015 р.) додав інформатику до визначення STEM і підсилив підтримку неформальної (позашкільної) освіти: Національний науковий фонд (NSF) отримав мандат активніше фінансувати дослідження того, як учні вчаться науці в позашкільному середовищі [35]. Цей законопроект, підтриманий обома партіями, також розширив можливості підготовки вчителів природничих дисциплін через стипендії NSF. У промовах політиків часто наголошується, що США відстають від інших країн у STEM і що розбудова міцної науково-технічної робочої сили є критичною для майбутньої економіки. Федеральний уряд розробляє стратегічні плани з координації STEM-освіти, а програми на кшталт CHIPS and Science Act (2022 р.) передбачають інвестиції в наукову освіту для підготовки кадрів у високотехнологічних галузях [9].

Особливістю США є багата інфраструктура неформальної освіти та позакласних занять. У країні діє понад 350 наукових музеїв і центрів, сотні дитячих музеїв та зоопарків, що пропонують освітні програми. Поширені наукові ярмарки та конкурси (наприклад, Intel ISEF для школярів), олімпіади, гуртки робототехніки та інженерії. Державні агентства, такі як NASA чи NOAA, проводять активну просвітницьку діяльність для молоді (напр. програми для шкіл, студентські стажування). Національний науковий фонд має спеціальну програму Advancing Informal STEM Learning (AISL) для підтримки інновацій у позашкільному навчанні науки [20]. Усе це формує «наукову екосистему», де учні можуть цікавитися наукою і розвивати навички дослідника як у школі, так і за її межами.

Хоча США інвестують значні ресурси в наукову освіту, існують проблеми з якістю та рівністю результатів. В середньому американські школярі демонструють лише середні результати в міжнародних тестуваннях з природничих наук і поступаються одноліткам із країн-лідерів [27]. Національна наукова рада відзначала, що недостатня координація між різними компонентами освітньої системи та якість викладання – серед найслабкіших місць науки в школах. Також спостерігаються значні розриви в успішності між окремими групами населення (за соціально-економічним статусом, расою тощо). Для подолання цих викликів реалізуються програми підвищення кваліфікації вчителів, оновлення стандартів (як NGSS) та залучення батьків і громадськості до підтримки науки в освіті.

Канада: освітні стандарти, STEM-політика, інклюзивність і формування наукової культури.

Наукова освіта в Канаді організована на рівні провінцій і територій – кожна з 13 юрисдикцій має власний навчальний план. Відсутність федерального Міністерства освіти компенсується координацією через Раду міністрів освіти Канади, що розробила пан-канадські рамки результатів навчання з природничої науки. Тому зміст і цілі вивчення природничих дисциплін досить узгоджені по всій країні. Канадські програми традиційно роблять акцент на дослідницьких уміннях учнів, критичному мисленні та застосуванні знань для розв’язання практичних проблем. Такий підхід сприяє тому, що канадські школярі стабільно показують високі результати: у дослідженні PISA 2018 Канада посіла 8-е місце серед країн ОЕСР з природничих наук, випереджаючи інших представників G7 [3]. В цілому Канада належить до групи країн-лідерів за рівнем наукової грамотності учнів. Особливої уваги надається

загальній науковій грамотності населення та залученню молоді до науки. Федеральний уряд Канади наголошує, що в умовах поширення дезінформації важливо навчити молодь критично оцінювати наукову інформацію та відрізняти факти від думок [17]. Запущено ряд загальнонаціональних ініціатив під гаслом «Choose Science», метою яких є заохотити більше молоді (особливо дівчат) обирати STEM-професії. PromoScience – програма Науково-дослідної ради з природничих і технічних наук (NSERC) – надає гранти організаціям, що популяризують науку серед школярів через практичні заняття і гуртки. На державному рівні підтримуються наукові ярмарки та конкурси (Canada-Wide Science Fair тощо), створюються онлайн-ресурси для учнів і вчителів. У співпраці з промисловістю та вишами діють молодіжні STEM-табори й майстер-класи (як мережа *Actua*, що щороку охоплює всі провінції і території). Таким чином, Канада намагається виховати покоління, здатне критично мислити й обирати кар'єру в науці, щоб задовольнити майбутній попит на високотехнологічні робочі місця.

Важливою рисою канадської наукової освіти є акцент на рівних можливостях та представленості різних груп населення. Діють спеціальні програми для заохочення участі в науці дівчат і жінок, а також інших недостатньо представлених груп. Наприклад, NSERC фінансує Кафедри для жінок у науці та інженерії в різних регіонах – видатні науковиці виконують роль наставниць і популяризаторок науки серед дівчат. З 2018 року започатковано програму Chairs for Inclusion in Science and Engineering, що розширює цю діяльність і на інші групи (представників корінних народів, людей з інвалідністю, расові меншини тощо). Останніми роками особлива увага приділяється інтеграції знань корінних народів у навчання природничих дисциплін. Наразі більшість провінцій ще лише починають включати *індігенні* (які стосуються корінних народів) перспективи у шкільні програми з науки, проте є розуміння, що такий підхід сприятиме примиренню та зацікавленню індігенних учнів у STEM [5]. Наприклад, у Саскачевані та Британській Колумбії вже внесено зміни до програми, щоб місцеві знання корінних народів про природу стали частиною уроків науки.

Наука в Канаді виходить за межі шкільних кабінетів. Країна славиться мережею науково-технологічних музеїв, об'єднаних під егідою корпорації *Ingenium* – це три національні музеї науки і техніки (в Оттаві), що пропонують інтерактивні експозиції для дітей і дорослих (<https://ingenium.ca/>). У багатьох містах діють наукові центри, планетарії, акваріуми та зоопарки з освітніми

програмами. Щороку проводяться Національний тиждень науки і технологій, тематичні фестивалі (наприклад, Science Rendezvous) та Дні відкритих дверей науково-дослідних установ, покликані зблизити науковців із суспільством. Така ментальність суспільства, що цінує науку, склалася історично – Канада інвестує в дослідження й освіту, щоб підтримувати інноваційну економіку та добробут (недарма багато канадських університетів у світових рейтингах відзначаються якістю наукової підготовки).

Австралія: національний навчальний план, стратегія STEM і роль інформальної освіти в контексті освітніх реформ.

В Австралії науково-природнича освіта організована за єдиним Національним навчальним планом (Australian Curriculum) для початкової та середньої школи. Зміст науки структурований за трьома взаємопов'язаними напрямками: наукове розуміння, наукові дослідницькі навички та наука як сфера людської діяльності [6]. Така структура відображає сучасні підходи, зокрема приділяється увага тому, як наука застосовується у суспільстві та впливає на життя людей (strand *Science as a Human Endeavour* уведений в національну програму як новаторський елемент). Австралійський курикулум робить наголос на дослідницькому навчанні (inquiry-based learning) і на темах, актуальних для учнів та країни: сталий розвиток, вода і клімат Австралії, здоров'я, генетика, відновлювана енергія, зміни клімату, технологічні інновації тощо. Мета – підвищити зацікавленість учнів наукою, адже проблема полягає не стільки в успішності (австралійські школярі теж показують високі результати в міжнародних тестах), скільки в падінні інтересу до науки у підлітків. Оновлена програма покликана зробити науку більш прикладною та близькою до реального життя, що має мотивувати учнів продовжувати її вивчення і поза обов'язковим мінімумом.

Історично система освіти Австралії була близькою до британської, але за останні десятиліття країна активно переймає найкращий світовий досвід. При розробці національного навчального плану автори спиралися на міжнародні стандарти наукової освіти: зокрема, американські National Science Education Standards (1996 p.) та Benchmarks for Science Literacy (1993 p.), британський огляд викладання науки Independent Review of the Primary Curriculum (2009 p.) тощо. Це забезпечило високий рівень програми, порівнянний з країнами-лідерами (Великою Британією, Сінгапуром, Фінляндією та ін.), і врахувало результати сучасних досліджень про те, як найкраще вчити дітей науці. Навчальний план усіх штатів і територій тепер узгоджується з загальнонаціональним, хоча регіони

можуть дещо відрізнитись у способах реалізації. В Австралії, як і в Канаді, немає єдиного федерального органу освіти – школи підпорядковуються урядам штатів. Проте спільні стандарти гарантують певну єдність підходів: наприклад, приблизно однакову пропорцію між біологією, хімією і фізикою на кожному рівні, послідовне нарощування понять та навичок від класу до класу тощо. Австралійські школярі зазвичай вчать науку як інтегрований предмет у молодшій школі, а в середній – роздільно за дисциплінами, подібно до британської традиції.

Австралійський уряд чітко усвідомлює важливість STEM-освіти для майбутнього економіки (особливо з огляду на розвиток гірничодобувної, космічної галузей, ІТ та потреби інновацій). З 2015 року діє Національна стратегія STEM-освіти в школах на 2016–2026 роки, узгоджена між федеральним і штатними урядами (<https://www.education.gov.au>). Її мета – забезпечити високоякісне навчання науки, технологій, інженерії і математики та збільшити кількість молоді, що обирає STEM у старшій школі і вишах. У межах стратегії фінансуються різноманітні ініціативи: розробка нових навчальних ресурсів для вчителів, підвищення кваліфікації педагогів (в тому числі оволодіння цифровими технологіями), оновлення матеріально-технічної бази шкіл. Приміром, запущено загальнонаціональні проекти з впровадження програмування та штучного інтелекту до шкільних програм (через створення відповідних навчальних модулів і онлайн-ресурсів). Особлива увага – початковій школі та навіть дошкільній освіті: діють програми, що знайомлять дітей з наукою з ранніх років через гру (Early Learning STEM). Уряд також підтримує оцінювання ефективності STEM-програм, щоб масштабувати найвдаліші моделі навчання. В цілому австралійська політика в сфері наукової освіти нині зосереджена на підготовці молодого покоління до викликів сучасної високотехнологічної економіки і на формуванні навичок XXI століття.

Як країна з великою територією та розсіяним населенням, Австралія приділяє значну увагу позашкільним формам навчання та залученню громад до науки. У Канберрі працює національний Науково-технічний центр Questacon, котрий відвідують сотні тисяч школярів щороку. CSIRO – національне наукове агентство – реалізує чимало освітніх програм, наприклад, ініціативу STEM Professionals in Schools, що поєднує науковців-наставників з учителями та учнями по всій країні. У партнерстві з бізнесом та неурядовими організаціями проводяться численні наукові заходи: Національний тиждень науки, астрономічні спостереження, конкурси інженерних проєктів серед школярів

тощо. Окремо варто відзначити австралійський досвід інтеграції науки з культурою корінних народів. Програма CSIRO «Living STEM» спеціально спрямована на вплетення корінних австралійських знань у шкільний курс STEM (<https://www.csiro.au/>). Вона визнає, що аборигени та жителі Торресової протоки були першими дослідниками Австралії, і навчає вчителів залучати приклади традиційних знань про природу у сучасних уроках. Такі підходи не тільки підвищують інтерес учнів (особливо індігенних) до науки, а й зберігають унікальну спадщину Австралії, показуючи на практиці, що наука є живою частиною культури. Загалом, поєднання формальної і неформальної освіти, а також урахування австралійської специфіки (географії, біорізноманіття, культурного розмаїття) є характерною ознакою науки в австралійських школах.

Велика Британія: наука в освіті та рівність можливостей

У Великій Британії (Англія, Уельс, Шотландія та Північна Ірландія) природничі науки традиційно займають центральне місце в шкільній програмі. В Англії національний навчальний план передбачає вивчення наук (біології, хімії, фізики) з початкової школи і до 16 років включно на обов'язковому рівні [11]. Подібний підхід у решті країн: у Шотландії природничі науки інтегровані в межах навчального плану *Curriculum for Excellence*, але теж є обов'язковими в базовій школі. Британська науково-природнича освіта відзначається ґрунтовністю змісту і системністю: учні поступово освоюють фундаментальні поняття кожної з дисциплін, розвиваючи наукові концептуальні знання та багатий предметний словник [10]. Паралельно приділяється увага *методам науки*: програма включає компонент «Working scientifically», що навчає розуміти природу наукового дослідження, планувати експерименти, робити висновки з даних тощо – від простих спостережень у молодших класах до повноцінних лабораторних дослідів у старших. У Великій Британії поширена практика навчання через практикуми і лабораторні роботи, що виховує навички експериментування та критичного аналізу. На рівні середньої школи (Key Stage 4) всі учні складають іспити GCSE з науки (зазвичай у форматі двох або трьох окремих предметів), а далі за бажанням можуть обирати поглиблене вивчення окремих наук на рівні A-level. Таким чином, до 16 років кожен британський школяр отримує міцну основу з біології, хімії й фізики, розуміючи як базові концепції, так і науковий метод їх пізнання.

Велика Британія має багату наукову спадщину – від епохи Ісаака Ньютона і промислової революції до сучасних нобелівських лауреатів – що впливає і на ментальність освітньої системи. Є певна культурна традиція цінувати науку як

важливу складову загальної освіти та національної ідентичності. Уряд Великої Британії відкрито ставить амбітні цілі: план зробити країну «науково-технологічною супердержавою» до 2030 року визначає пріоритетність науки на державному рівні [10]. Для цього інвестують у наукові дослідження та інфраструктуру, а також у освіту: розробляються нові підходи до викладання математики і науки. Наприклад, нещодавно започаткована ініціатива «Maths to 18» передбачає, що всі учні Англії в майбутньому вивчатимуть математику до 18 років, аби підвищити рівень числової грамотності населення. Подібні плани свідчать про прагнення британської влади покращити науково-математичні навички молоді, що, на їхню думку, сприятиме економічному росту, появі висококваліфікованих робочих місць і технологічних інновацій.

Важливою рисою британської наукової освіти є тісний зв'язок школи із науковою спільнотою та індустрією. Існує розгалужена система партнерств, конкурсів і заходів, які доповнюють шкільний курс і розвивають інтерес до науки. Один із флагманських проєктів – STEM Ambassadors: десятки тисяч волонтерів-науковців і інженерів по всій країні співпрацюють зі школами, проводячи гостьові лекції, майстер-класи, менторство для учнів. Ця програма підтримується урядом і координується через STEM Learning Centre (<https://www.stem.org.uk/stem-ambassadors>). Щорічно у березні проводиться Британський тиждень науки (British Science Week) – всенаціональний фестиваль науки, протягом якого школи, університети, музеї та компанії організовують тисячі подій для дітей і дорослих, популяризуючи науку в цікавій формі (<https://www.britishscienceweek.org/>). Для школярів діють престижні нагороди та конкурси, як-от CREST Awards від Британської наукової асоціації – програма, що заохочує учнів проводити власні дослідницькі проєкти і здобувати сертифікати за наукові досягнення (<https://www.crestawards.org/>). Також проводяться наукові олімпіади, Big Bang Fair (виставка молодіжних STEM-проєктів), змагання First LEGO League та багато інших заходів. Крім того, мережа провідних наукових установ – Лондонський музей науки, Музей природознавства, Единбурзький Science Festival, Королівська інституція (відома Різдвяними лекціями з науки для дітей) тощо – забезпечує багатий вибір позашкільних можливостей для навчання і натхнення. Усе це формує у британських учнів широке поле для розвитку інтересу і талантів у науці поза рамками шкільної програми.

Останнім часом у Великій Британії багато уваги приділяється тому, щоб наукова освіта була доступною і привабливою для *всіх* учнів. Статистика

показує, що дівчата, учні з бідніших сімей або деяких етнічних меншин менше обирають наукові спеціальності у старшій школі та університетах. Тому урядові та громадські ініціативи спрямовані на подолання цих диспропорцій. Приміром, діють програми на зразок Girls in STEM, що демонструють дівчатам рольові моделі успішних жінок-науковиць і інженерок, організовують для них спеціальні події та менторські програми. Британські школи заохочуються залучати більше дівчат до вивчення фізики та комп'ютерних наук, зокрема через професійний розвиток учителів (щоб уникнути упереджень) та інформаційні кампанії. Як зазначається в аналітичних оглядах, усунення бар'єрів для участі дівчат і інших недостатньо представлених груп – один із пріоритетів STEM-стратегії Великої Британії. Також обговорюються шляхи покращення викладання науки у школах неблагополучних районів, аби всі діти мали рівні шанси на якісну наукову освіту. Загалом, британська система намагається збалансувати традиційно високі академічні стандарти з сучасними вимогами інклюзивності та практичної корисності науки для кожного учня.

В підсумку, можна констатувати, що Сполучені Штати, Канада, Австралія та Велика Британія, попри спільну англomовну культурну спадщину, виробили свої унікальні підходи до наукової освіти. В США бачимо децентралізм і різноманітність, підкріплену інноваційними стандартами (NGSS) та потужною позашкільною підтримкою науки. Канада демонструє стабільно високі результати завдяки узгодженим між провінціями програмам, акценту на рівність та наукоємній культурі. Австралія, географічно віддалена, зробила ставку на національний навчальний план з акцентом на актуальність знань для життя і раннє залучення до STEM, водночас інтегруючи унікальні місцеві особливості (як знання корінних народів). Велика Британія спирається на багату історію науки, забезпечуючи глибоку теоретичну і практичну підготовку всіх учнів та доповнюючи її масштабними ініціативами для розвитку інтересу й талентів. В усіх чотирьох країнах простежуються спільні тенденції: уряди усвідомлюють роль наукової освіти у розвитку економіки та суспільства, тому інвестують у STEM-ініціативи, оновлення навчальних програм і розширення можливостей навчання науці – як у школі, так і поза її межами. Це сприяє тому, що нові покоління виходять у життя з кращим розумінням науки і готовністю застосувати наукові знання для вирішення сучасних проблем.

Список використаних джерел

1. Пономаренко Л. П., Салюк О. Ю. (укл.). *Методологія та організація фізичних наукових досліджень. Частина I* : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра та доктора філософії спец. 104 «Фізика та астрономія» [Електронний ресурс]. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/cd3e5ee9-bc03-4d19-b259-3b316034fc0e>.
2. Танчин І. З. *Соціологія* : навч. посіб. Київ : Знання, 2008.
3. Allison D. J. What International Tests (PISA) Tell Us About Education in Canada [Електронний ресурс]. Vancouver : *Fraser Institute*, 2022. Режим доступу: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/what-international-tests-PISA-tell-us-about-education-in-canada.pdf>.
4. American Museum of Natural History. Science Research Mentoring Program (SRMP) [Електронний ресурс]. *American Museum of Natural History*. Режим доступу: <https://www.amnh.org/learn-teach/teens/science-research-mentoring-program>.
5. Anderson E. C., Easson K., Beitari S., Dakessian M., Anand S. P., Sachar S., Bou Nassar J. Decolonization of STEM in the Public Education System in Québec, Canada // *Journal of Science Policy & Governance*. 2021. Т. 18, № 4. Policy Memo. DOI: <https://doi.org/10.38126/JSPG180402>
6. Australian Curriculum, Reporting and Assessment Authority (ACARA). *Australian Curriculum: Science*. Sydney, 2012.
7. Bongaerts J. C. The Humboldtian Model of Higher Education and its Significance for the European University on Responsible Consumption and Production // *Berg Huettenmaenn Monatsh*. 2022. Т. 167. Р. 500–507. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00501-022-01280-w>
8. Brown K. L. Discovering Discovery Learning [Електронний ресурс] // *Proceedings of the Annual Meeting of the Georgia Educational Research Association (GERA)*. Milledgeville : Georgia College & State University, 2006. Режим доступу: <https://www.gcsu.edu/sites/files/page-assets/node-808/attachments/brown.pdf>.
9. CHIPS and Science Act, H.R. 4346, 117th Congress (2021–2022).
10. Department for Education. National Curriculum in England: Science Programmes of Study [Statutory Guidance] [Електронний ресурс]. London : GOV.UK, 2015. Режим доступу: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>.

11. Djate N., Rajan M. Balancing STEM Education Supply and Demand in England [Електронний ресурс]. *King's Think Tank Spectrum*. 2024. Режим доступу: <https://kingsthinktankspectrum.wordpress.com>.
12. Drew C. What Is Finland's Phenomenon-Based Learning Approach? [Електронний ресурс]. *Teacher Magazine (Australia)*. 3 Mar. 2020. Режим доступу: https://www.teachermagazine.com/au_en/articles/what-is-finlands-phenomenon-based-learning-approach.
13. European Commission. *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (EUR 22845). Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2007.
14. European Commission. *STEM and STEAM Education and Disciplinary Integration: A Guide to Informed Policy Action* / G. Mazzeo Ortolani et al. Brussels : Joint Research Centre, 2025. JRC141438.
15. Gholam A. Inquiry-Based Learning: Student Teachers' Challenges and Perceptions [Електронний ресурс]. *Journal of Inquiry & Action in Education*. 2019. Т. 10, № 2. Р. 112–130. Режим доступу: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1241559.pdf>.
16. Gordin M. D. *Scientific Babel: How Science Was Done Before and After Global English* [Електронний ресурс] (e-book). Chicago : University of Chicago Press, 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226000329.001.0001>.
17. Government of Canada. Government of Canada and STEM [Електронний ресурс]. *Choose Science. Innovation, Science and Economic Development Canada*. Режим доступу: <https://ised-isde.canada.ca/site/choose-science/en/government-canada-and-stem>.
18. Grossman P., Pupik Dean C. G., Schneider Kavanagh S., Herrmann Z. *Preparing Teachers for Project-Based Teaching* [Електронний ресурс]. Lucas Education Research, 2019. Режим доступу: https://www.lucasedresearch.org/wp-content/uploads/2021/02/Preparing_teachers_for_PBT.pdf.
19. Haupt O. J., Domjahn J., Martin U., Skiebe-Corette P., Vorst S., Zehren W., Hempelmann R. Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung // *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*. 2013. № 6. Р. 324–330.
20. Houzenga H. M., Muindi F. J. Distribution of the National Science Foundation's Advancing Informal STEM Learning Awards (AISL) Between 2006–21 [Електронний ресурс]. *bioRxiv*. 2022. Режим доступу: <https://doi.org/10.1101/2022.02.18.480415>.

21. Kagan J. *The Three Cultures: Natural Sciences, Social Sciences, and the Humanities in the 21st Century*. Cambridge : Cambridge University Press, 2009.
22. Lalevée T. Three Versions of Social Science in Late Eighteenth-Century France // *Modern Intellectual History*. 2023. Т. 20, № 4. Р. 1023–1043.
23. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. *Science and Technology/Engineering (STE) Curriculum Framework: Vision and Guiding Principles* [Електронний ресурс]. Boston : MA DESE, 2016. Режим доступу: <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04/Vision.pdf>.
24. Mayer R. E. Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? *American Psychologist*. 2004. Т. 59, № 1. Р. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>.
25. Miles E. W. Wissenschaft. In: *The Purpose of the Business School*. Cham : Palgrave Pivot, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15781-4_3.
26. Myllymäki M., Impio P., Hakala I. Collaboration Network for Inspiring Children and Youth into Science, Mathematics and Technology in Finland [Електронний ресурс] // *30th Annual Conference of EAEEIE*. Prague, 2021. pp. 1–5. Режим доступу: <https://doi.org/10.1109/EAEEIE50507.2021.9530931>.
27. National Research Council. *Strengthening High School Chemistry Education Through Teacher Outreach Programs: A Workshop Summary to the Chemical Sciences Roundtable* [Електронний ресурс]. Washington, DC : National Academies Press, 2009. Режим доступу: <https://doi.org/10.17226/12533>.
28. National Science Foundation. Citizen Science Inspires Kids to Take Local Action [Електронний ресурс]. *National Science Foundation (NSF)*. 5 Sept. 2023. Режим доступу: <https://www.nsf.gov/news/citizen-science-inspires-kids-take-local-action>.
29. NGSS Lead States. *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington, DC : National Academies Press, 2013. ISBN 978-0-309-27230-8.
30. Nilson L. B. *Teaching at Its Best: A Research-Based Resource for College Instructors*. 2nd ed. San Francisco : Jossey-Bass, 2010.
31. Paul J., Schanze S., Groß J. Lernwege zum Experimentieren beim Wettbewerb “Jugend forscht” [Електронний ресурс]. *CHEMKON*. 2016. Т. 23, № 4. Р. 170–180. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/ckon.201610277>.
32. Powell A. How Sputnik Changed U.S. Education [Електронний ресурс]. *Harvard Gazette*. 11 Oct. 2007. Режим доступу: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2007/10/how-sputnik-changed-u-s-education/>.

33. Smith H. E., Cooper C. B., Busch K. C., Harper S., Muslim A., McKenna K., Cavalier D. Facilitator Organizations Enhance Learning and Action Through Citizen Science [Електронний ресурс]. *Environmental Education Research*. 2023. Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2237705>.
34. STEAMonEdu Project Consortium. *STE(A)M Education Framework (Deliverable D7.1)* [Електронний ресурс]. Brussels : European Commission, Erasmus+ Programme, 2021. Режим доступу: <https://steamonedu.eu/wp-content/uploads/2021/09/D7.1-STEAM-education-framework.pdf>.
35. *STEM Education Act of 2015*, H.R. 1020, 114th Congress (2015).
36. The Renaissance Mathematicus. The History of “Scientist” [Електронний ресурс]. *The Renaissance Mathematicus*. 10 July 2014. Режим доступу: <https://thonyc.wordpress.com/2014/07/10/the-history-of-scientist/>.
37. University of Helsinki. Gender Issues, Science Education and Learning (GISEL) [Research project] [Електронний ресурс]. Helsinki : *Department of Teacher Education*, 2002–2005. Режим доступу: <https://researchportal.helsinki.fi/en/projects/gender-issues-science-education-and-learning-gisel>.
38. Wolff L. A. Phenomenon-Based Learning [Електронний ресурс]. In: Idowu S., Schmidpeter R., Capaldi N., Zu L., Del Baldo M., Abreu R. (eds.) *Encyclopedia of Sustainable Management*. Cham : Springer, 2022. Режим доступу: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02006-4_1137-1.

РОЗДІЛ III. НАУКОВА ОСВІТА В УКРАЇНІ: ВИКЛИКИ ТА ДОСЯГНЕННЯ СЬОГОДЕННЯ

3.1. Нормативно-правове забезпечення наукової освіти

Нормативно-правове забезпечення є фундаментальною основою для розвитку та функціонування будь-якої системи, зокрема й системи наукової освіти. Воно створює необхідні рамки, визначає цілі, принципи, структуру, механізми фінансування, управління та контролю, а також права та обов'язки всіх суб'єктів освітнього процесу. У контексті наукової освіти, нормативно-правові акти регулюють не лише освітній процес, а й наукову діяльність, її інтеграцію у навчання, а також інноваційну складову. До нормативно-правової бази наукової освіти ми відносимо сукупність законів, постанов, указів, наказів та інших документів, які регулюють відносини у сфері наукової та освітньої діяльності, спрямовані на формування та розвиток наукового мислення, дослідницьких компетенцій та інноваційного потенціалу особистості, що забезпечують систематизацію та легітимізацію; захисті прав та свобод учасників освітнього процесу; визначає стандарти якості; стимулює розвиток та забезпечує відповідальність [5].

Національне законодавство, як і міжнародні акти, що ратифіковані країною, є основою для регулювання наукової освіти. Розглянемо основні напрямки цього регулювання.

В Україні, як і в багатьох демократичних державах, *Конституція України* (1996 р.) є найвищим нормативно-правовим актом, що закріплює право на освіту, свободу наукової і технічної творчості, захист інтелектуальної власності. Ці положення створюють загальний каркас для розвитку наукової освіти та наукової діяльності в країні.

Закон України «Про освіту» (2017 р.) [4] – рамковий закон визначає основні принципи державної політики у сфері освіти, її структуру, стандарти, права та обов'язки учасників освітнього процесу. Він закріплює академічну свободу та автономію закладів освіти, що є критично важливими для розвитку наукової освіти. Закон також вказує на компетентнісний підхід як ключовий у формуванні змісту освіти, що є нерозривним з розвитком наукового мислення. *Закон України «Про вищу освіту»* (2014 р.) [2] визначає поняття наукової (науково-технічної) діяльності у закладах вищої освіти, її інтеграцію з освітнім процесом, форми та рівні вищої освіти (зокрема, третій (освітньо-науковий) рівень, що передбачає здобуття ступеня доктора філософії). Закон також

регулює питання фінансування наукових досліджень у ЗВО, створення наукових підрозділів, функціонування спеціалізованих вчених рад.

Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» (2015 р.) [3] є ключовим для регулювання власне наукової сфери. Він визначає правові, організаційні та фінансові основи функціонування наукової та науково-технічної діяльності, статус науковця, принципи державної політики у цій сфері. Закон підкреслює важливість інтеграції науки та освіти, зокрема через підготовку наукових кадрів через докторантуру та аспірантуру, діяльність наукових установ при університетах.

Державні стандарти освіти відіграють важливу роль у визначенні змісту і результатів наукової освіти. Зокрема, було оновлено стандарти загальної середньої освіти: *Державний стандарт початкової освіти* [9] та *Державний стандарт базової середньої освіти* [7]. Нові стандарти запровадили компетентнісний підхід, що охоплює й природничо-наукову складову. Так, стандарт базової школи окреслює освітні галузі замість окремих предметів і містить вимоги до обов'язкових результатів навчання з природничої (наукової) галузі. Серед ключових компетентностей учнів визначено «компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій», а також пов'язані з ними інноваційність та екологічна грамотність. Це означає, що на рівні державного стандарту закладено інтегроване формування наукового світогляду і STEM-навичок у школярів.

Окремо запроваджено *Стандарт спеціалізованої освіти наукового спрямування* (2019 р.) [19], де спеціалізована освіта – це освіта мистецького, спортивного, військового чи наукового спрямування, яка може здобуватися в рамках формальної, неформальної, інформальної освіти, спрямована на здобуття компетентностей у відповідній сфері професійної діяльності під час навчання у безперервному інтегрованому освітньому процесі на кількох або всіх рівнях освіти та потребує раннього виявлення і розвитку індивідуальних здібностей. Цей стандарт визначає зміст і додаткові до загальноосвітніх вимоги до компетентностей учнів на рівнях базової та профільної середньої освіти на науковому профілі. По суті, він орієнтований на розвиток у здобувачів дослідницьких умінь, наукового мислення і творчого потенціалу, забезпечуючи наступність із державними стандартами загальної середньої освіти.

Для практичної реалізації спеціалізованої наукової освіти створено мережу наукових ліцеїв. У 2019 році уряд затвердив *Положення про науковий ліцей та науковий ліцей-інтернат* [10] – документ, що визначає засади діяльності таких

закладів. Наукові ліцеї є закладами спеціалізованої освіти наукового профілю, основним напрямом роботи яких є дослідницько- експериментальна діяльність учнів. Згідно з Положенням, ліцеї мають залучати учнів до науково-дослідницької, конструкторської та винахідницької роботи в різних галузях науки і техніки, виявляти і розвивати обдаровану молодь, створювати умови для її творчої реалізації та формування наукового світогляду. Таким чином, запровадження наукових ліцеїв та відповідних стандартів забезпечує нормативну базу для поглибленої наукової освіти в старших класах.

Важливою ланкою позашкільної наукової освіти є *Мала академія наук України (МАН)* – система творчих учнівських об'єднань, що діє на підставі окремих нормативних актів. Основним документом є *Положення про Малу академію наук учнівської молоді*, затверджене наказом МОН України в 2006 році [17]. Згідно з цим положенням, МАН – це профільний позашкільний навчальний заклад дослідницько-експериментального напрямку, покликаний залучати учнів до науково-дослідницької діяльності, підтримувати обдаровану молодь і розвивати її творчий потенціал. Діяльність МАН регулюється також низкою наказів МОН щодо проведення конкурсів-захистів науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН (зокрема, щорічного Всеукраїнського конкурсу-захисту), що визначають порядок організації учнівських наукових змагань на різних етапах. Таким чином, нормативно-правове забезпечення діяльності МАН створює умови для розвитку учнівської науки поза межами шкільної програми, у форматі конкурсів, секцій і наукових гуртків. У жовтні 2017 року МАН офіційно отримала статус *Центру ЮНЕСКО 2-ї категорії* [8]. Рішення ухвалив Виконавчий комітет ЮНЕСКО, і це було підтверджено відповідною угодою, підписаною урядом України та ЮНЕСКО у березні 2018 року [29]. Це рішення означало міжнародне визнання української моделі позашкільної дослідницької практики та інтеграцію України до глобальної освітньо-наукової спільноти. Відтоді МАН не лише забезпечує підготовку школярів до наукових досліджень на національному рівні, а й бере участь у формуванні політик ЮНЕСКО, розширює міжнародне партнерство та залучає ресурси для розвитку STEM/STEAM-освіти. Це сприяє поширенню інноваційних методик навчання, розвитку критичного та дослідницького мислення школярів, формуванню в них глобальної компетентності. Водночас для України цей статус є інструментом «м'якої сили», що зміцнює міжнародний імідж держави як донора інтелектуальних ідей навіть у часи війни та криз.

Одним із ключових стратегічних документів стала *Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року (2020 р.)* [11]. Ця концепція спрямована на модернізацію і широке впровадження STEM-освіти на всіх рівнях, встановлення партнерства з роботодавцями та науковими установами, залучення їх до розвитку природничо-математичної освіти. Концепція визначає, що методики навчання і програми мають формувати актуальні компетентності учнів – зокрема критичне, інженерне і алгоритмічне мислення, вміння працювати з даними, цифрову грамотність, креативність та навички комунікації. Для реалізації положень Концепції Уряд затвердив План заходів, який визначає конкретні кроки й очікувані результати впровадження STEM-освіти до 2027 року [12]. Ці документи закладають основу державної політики в напрямі розвитку наукової (STEM) освіти.

Розвиток наукової освіти тісно пов'язаний із впровадженням інновацій у освітній процес. Це питання врегульовано спеціальними нормативними актами. Чинним є *Положення про порядок здійснення інноваційної діяльності у сфері освіти* (2023 р.) [18]. Цей документ визначає процедури реалізації інноваційних освітніх проєктів у закладах освіти різного рівня – від шкіл до закладів професійної і вищої освіти. Зокрема, встановлено вимоги до експериментальної діяльності, впровадження новітніх методик і технологій навчання, порядок визнання педагогічних інновацій та поширення кращих практик. Нове положення 2023 року прийшло на зміну попереднім документам (2000, 2012 рр.), актуалізувавши правові рамки інноваційної освітньої діяльності відповідно до сучасних потреб. Це створює стимулююче середовище для розвитку STEM-ініціатив та експериментів у навчальних закладах, що є важливим компонентом наукової освіти.

Україна, через прагнення інтегруватися у європейський освітній та науковий простір, ратифікувала та імплементувала низку міжнародних документів, що впливають на нормативно-правове забезпечення наукової освіти:

Болонський процес: Хоча не є юридично обов'язковим договором, його принципи (трирівнева система освіти, кредитно-трансферна система ECTS, забезпечення якості освіти) є основою для реформування вищої освіти в Україні та сприяють формуванню дослідницьких навичок на всіх рівнях [13]. Лісабонська конвенція про визнання кваліфікацій з вищої освіти в Європейському регіоні (1997 р.) сприяє академічній мобільності та визнанню наукових ступенів.

Рекомендації ЮНЕСКО, Ради Європи та інших міжнародних організацій визначають принципи наукової етики, доброчесності, відкритої науки, що поступово інкорпорується у національне законодавство.

Рамкові програми ЄС з досліджень та інновацій (наприклад, Horizon Europe): участь у таких програмах вимагає гармонізації національного законодавства з європейськими нормами щодо фінансування, управління та інтеграції науки та освіти.

Незважаючи на значні досягнення у формуванні нормативно-правової бази, існують певні виклики: гармонізація законодавства (подальше узгодження між різними законами та підзаконними актами для уникнення суперечностей та дублювання), імплементація міжнародних стандартів:

Необхідність більш ефективного впровадження європейських та світових стандартів у практику наукової освіти, гнучкість та динамічність: Законодавство має бути достатньо гнучким, щоб оперативно реагувати на швидкі зміни у науці та технологіях, наявність правових норм про фінансування не завжди гарантує достатнє реальне фінансування наукової освіти. подальший розвиток ефективних механізмів акредитації та оцінки якості наукової освіти та досліджень.

Враховуючи вище зазначене вважаємо, що нормативно-правове забезпечення є критично важливим для становлення та розвитку наукової освіти в Україні та створює необхідний правовий фундамент для інтеграції науки та освіти, формування дослідницьких компетенцій, підтримки інновацій та інтеграції у світовий науково-освітній простір. Подальший розвиток цієї сфери вимагає постійного аналізу, адаптації до сучасних викликів та гармонізації з міжнародними стандартами для забезпечення конкурентоспроможності української наукової освіти на глобальному рівні.

3.2. Ключові заклади та інституції в екосистемі шкільної наукової освіти.

Шкільна наукова освіта в Україні реалізується через мережу закладів як формальної, так і неформальної освіти, що взаємодоповнюють один одного. До першої групи належать заклади спеціалізованої освіти наукового спрямування – передусім наукові ліцеї та ліцеї-інтернати, які забезпечують системну підготовку учнів у науковій сфері. Неформальну складову представляють Мала академія наук України, наукові центри та освітні хаби, що

створюють простір для дослідницької творчості та популяризації науки серед школярів.

Наукові ліцеї та ліцеї-інтернати – це заклади спеціалізованої середньої освіти наукового профілю (як правило, старшої школи), створені для поглибленої наукової підготовки учнів. Відповідно до офіційного положення, наукові ліцеї залучають та готують учнівську молодь до наукової і науково-технічної діяльності [10]. У таких ліцеях забезпечено поглиблене вивчення дисциплін за напрямками природничо-математичним, суспільно-гуманітарним та техніко-технологічним, функціонують сучасні лабораторії, а викладають педагоги і науковці з вченими ступенями. Статус наукового ліцею отримують лише окремі заклади, що відповідають суворим критеріям, зокрема налагоджують довгострокову співпрацю з університетами чи науковими установами. Такі ліцеї забезпечують поглиблене вивчення дисциплін, розвиток інноваційного мислення та створюють умови для участі учнів у науково-дослідницьких і конструкторських проєктах, виховуючи майбутніх науковців і лідерів інноваційного розвитку країни.

Мала академія наук України (МАН) [14] – провідна державна структура позашкільної освіти, що сприяє науковому розвитку учнівської молоді. МАН організовує конкурси-захисти науково-дослідницьких робіт, наукові гуртки та тренінги, залучаючи до досліджень талановитих школярів по всій країні. Щорічно через систему МАН дослідницькою діяльністю охоплено до 250 тисяч учнів на місцевому та регіональному рівнях у співпраці зі школами

Національний центр «Мала академія наук України» (НЦ «МАНУ») забезпечує організацію та координацію науково-дослідницької діяльності учнів через координацію закладів освіти системи МАН – територіальних відділень, які забезпечують проведення науково-освітніх проєктів з метою залучення учнів до позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку.

Освітній процес у закладах системи Малої академії наук України організовано за науковими профілями, відділеннями та секціями. Структура наукових відділень МАН складається з 69 секцій, об'єднаних у 12 наукових відділень. Вихованці проводять наукові дослідження у відділеннях математики, економіки, фізики й астрономії, технічних наук, комп'ютерних наук, історії, наук про Землю, філософії та суспільствознавства, філології, літературознавства, фольклористики та мистецтвознавства, хімії та біології, екології та аграрних наук. Учні МАН традиційно віддають перевагу науковим пошукам у галузі суспільно-гуманітарних наук (45,8 %). Відсоток охоплення учнів за фізико-

математичним і технічним та природничим науковими профілями становить, відповідно, 27,8 % і 25,3 %. Щорічно зростає кількість дітей, залучених до наукової діяльності. Нині учнями МАН є близько 90 тисяч осіб, які займаються науково-дослідницькою діяльністю в більше ніж 5 тисячах гуртків і секцій, а також у 1 253 наукових товариствах учнів. Слухачами можуть стати всі охочі учні закладів освіти. Учні – члени МАН є учасниками різноманітних обласних, всеукраїнських, міжнародних інтелектуальних конкурсів, турнірів, олімпіад і показують високий рівень підготовки й творчі здібності. Науково-педагогічний склад МАН становить близько 2 тисяч педагогів, серед яких близько 400 кандидатів наук і 100 докторів наук.

МАН реалізує підтримку обдарованої молоді через всеукраїнські освітні проєкти, конкурси та інтелектуальні змагання, центральним із яких є масовий Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт (заочне рецензування, постерний захист, наукова конференція; у воєнний час – з онлайн-форматами), а з 2023 року – також предметні олімпіади. Система МАН охоплює профільні й літні наукові школи (STEM і гуманітарні напрями), де поєднано поглиблене навчання, дослідницьку практику та командну роботу; додатково проводяться всеукраїнські турніри, фестивалі, олімпіади й хакатони. Центр виступає національним оператором участі українських учнів у міжнародних подіях і змаганнях, забезпечуючи освітню дипломатію та адаптацію до світових стандартів; серед знакових досягнень – участь у програмі SSEP з відправленням учнівських експериментів на МКС (2022–2023 рр.) і стажування у провідних наукових центрах (CERN, XLab, BioCEN). Підходи МАН визнані міжнародно: на базі Центру діє Центр ЮНЕСКО 2-ї категорії. Для педагогів МАН впроваджує сучасний професійний розвиток (понад 70 програм, десятки тисяч слухачів) і веде активну методичну діяльність (щороку – підручники, посібники, рекомендації; загалом понад 550 напрацювань).

Наукові музеї. Інтерактивний «Музей науки» МАН (м. Київ, з 2020 р.) став ключовим інструментом популяризації науки, що через практичні експонати формує в дітей інтерес до досліджень; у воєнний час вибудовано партнерства з європейськими та американськими музеями, евакуйовано частину експозиції до Львова й розгорнуто нові простори у Львові, Чернівцях і Полтаві. Додатково у 2025 році в Києві відкрито перший в Україні інтерактивний Музей математики «Кубоїд» (ВДНГ, павільйон №3), створений НЦ «МАН України» спільно з МОН за підтримки UNICEF, Theirworld і GoGlobal [22]. Простір налічує близько 120 інтерактивних експонатів у шести тематичних зонах і чотири

освітні простори, покликаний допомагати долати освітні втрати з математики та оновлювати підходи до її викладання. Офіційне відкриття відбулося 17 березня 2025 року за участю Президента України, для відвідувачів музею запрацював у травні.

Окрему роль у формуванні педагогів для дослідницького навчання відіграє **Кафедра ЮНЕСКО з наукової освіти** Українського державного університету імені Михайла Драгоманова (UDU) (<https://unesco.udu.edu.ua/>). Кафедру створено за угодою в рамках мережі UNITWIN/UNESCO; вона працює у партнерстві з НЦ «МАН України» та реалізує магістерську програму «*Наукова освіта та наукова комунікація*», що готує фахівців до проєктування шкільних досліджень, керівництва учнівськими науковими проєктами, інтеграції STEM/STEAM і розвитку академічної доброчесності та відкритої науки. Поряд із підготовкою магістрів кафедра проводить професійні заходи та міжнародні ініціативи для вчителів, розвиваючи їхню спроможність організовувати дослідницькі формати навчання, співпрацю з науковими музеями/центрами та наукову комунікацію в школі. Таким чином, кафедра виступає методичним і кадровим хабом, що з'єднує університетську підготовку, мережу МАН та практики дослідницької освіти у школі.

Важливу роль у розвитку спеціалізованої освіти наукового спрямування в Україні відіграє **Інститут обдарованої дитини НАПН України** (<https://iod.gov.ua/ua>). Як провідна науково-дослідна установа, він зосереджує діяльність на розробленні концептуальних засад, методик та інструментів підтримки обдарованих учнів, а також на формуванні екосистеми наукової освіти у школах та позашкільлі. Інститут виступає ініціатором інноваційних освітніх моделей, координує дослідження у сфері спеціалізованої освіти наукового спрямування та співпрацює з іншими закладами й міжнародними організаціями для інтеграції української наукової освіти у світовий простір.

Отже, екосистема шкільної наукової освіти України вибудована як взаємодоповнювальна мережа формальної та неформальної освіти, що разом забезпечують безперервний шлях учня від поглибленого предметного вивчення й перших дослідницьких практик до участі у всеукраїнських та міжнародних змаганнях і проєктах. Наукові ліцеї задають високі академічні стандарти й інфраструктуру, МАН – масштабні можливості залучення, менторства, конкурсної та проєктної діяльності, мережа інтерактивних просторів, зокрема «Музей науки» та Музей математики «Кубоїд», формує мотивацію й наукову культуру через практичний досвід, ІОД виконує науково-методичну функцію,

а кафедра виконує роль хабу між університетами, школами та науковими центрами, поширюючи стандарти наукової освіти й моделі наставництва для учнівських досліджень. У сукупності ці ланки підсилюють одна одну, сприяють персоналізації траєкторій, розвитку дослідницьких і самоосвітніх навичок, інтеграції у світовий науковий простір і створюють підґрунтя для подальшої модернізації змісту та методик у контексті цифрової трансформації освіти.

3.3. Освітня політика та міжнародна співпраця у сфері наукової освіти

Початок ХХІ століття в українській педагогічній науці та практиці відзначився активним пошуком шляхів реформування освітньої системи, успадкованої з радянського періоду. Поступ України до Європейського Союзу зумовив відкритість до реформ, спрямованих на зближення з європейським освітнім простором: упровадження компетентнісних підходів, систем забезпечення якості, цифровізації, інклюзії та академічної доброчесності. Паралельно формується інституційна й нормативна база для сумісності стандартів, кваліфікацій і механізмів оцінювання, а також для розгортання відкритої науки й міжнародної мобільності здобувачів і педагогів.

Участь у міжнародних освітніх програмах, таких як Erasmus+, Horizon Europe, а також співпраця з міжнародними організаціями (ЮНЕСКО, ОЕСР, Світовий банк) дозволяє національним освітнім системам інтегруватися у світовий освітній простір, підвищувати якість освіти та конкурентоспроможність своїх випускників. Міжнародні освітні проекти та дослідницькі програми є платформою для спільного створення нових знань та поширення передових педагогічних практик сприяє обміну знаннями та інноваціями, що дозволяє країнам впроваджувати інноваційні підходи до навчання та управління освітою, адаптуючи їх до власних потреб [39].

З другого 10-сятиріччя нового століття Україна активно розвиває міжнародну співпрацю у сфері наукової освіти як у шкільному, так і позашкільному секторах. Це проявляється у партнерствах урядових структур із міжнародними організаціями, участі в глобальних освітніх оцінюваннях, а також у міжінституційних угодах, що залучають українські установи до світових STEM-ініціатив. Нижче наведено огляд ключових напрямів і проєктів такої міжнародної співпраці.

Партнерства з ЮНЕСКО та міжнародними організаціями

Україна досягла суттєвих успіхів у співпраці з *ЮНЕСКО* у галузі наукової освіти. Знаковою подією стало надання у 2018 році Малій академії наук України

статусу Центру наукової освіти II категорії під егідою ЮНЕСКО. Відповідну угоду було підписано 1 березня 2018 р. в Парижі за участі Генерального директора ЮНЕСКО Одрі Азуле та представників МОН України [29]. Мала академія наук (МАН) стала першою і єдиною освітньою установою України з таким престижним статусом. Це відкриває ексклюзивні можливості для сотень тисяч українських учнів і вчителів та підносить імідж України на міжнародній освітній арені. Як Центр категорії 2 МАН приєдналася до глобальної «мережі знань» ЮНЕСКО, що об'єднує науково-освітні центри під егідою Міжнародної програми ЮНЕСКО з фундаментальних наук. Новий статус посилює роль МАН як платформи для впровадження інноваційних інструментів навчання науки, експериментальної діяльності та обміну передовим досвідом у галузі STEM-освіти в Україні та Східній Європі.

Не лише ЮНЕСКО сприяє розвитку STEM-освіти в Україні. Після 2022 року, у відповідь на виклики війни, міжнародні організації як-от UNICEF, а також уряди партнерських країн і благодійні фонди, розгорнули програми підтримки української освіти та науки. Зокрема, Європейський Союз та окремі держави, наприклад, Фінляндія через проєкт «Навчаємось разом» [20], також надали допомогу у реформі української школи, зокрема впровадженні компетентнісного підходу та STEM-орієнтованих методик навчання. Такі ініціативи підсилюють національну реформу «Нова українська школа» і сприяють тому, що українська наукова освіта відповідає сучасним міжнародним стандартам.

Участь у міжнародних освітніх оцінюваннях

Важливим аспектом інтеграції України у світовий освітній простір стала участь у міжнародних програмах оцінювання якості освіти. Україна брала участь у TIMSS двічі – у 2007 і 2011 роках; у 2011-му долучилися 148 шкіл з усіх регіонів. За результатами 2011 року українські восьмикласники посіли 19-те місце з математики та 18-те з природничих наук (із 42 країн), краще виконували завдання на відтворення знань і слабше – на критичне мислення, міжпредметність і розв'язання реальних проблем; зміст тестів на дві третини не збігався з чинними програмами, хоча близько третини учасників впоралися із завданнями на застосування знань [21]. Надалі участь у TIMSS припинили, а пізніше Україна зосередилася на іншому міжнародному дослідженні якості освіти – PISA.

У 2018 року Україна вперше взяла повноцінну участь у дослідженні *Programme for International Student Assessment (PISA)*, що проводиться під егідою

Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) [26]. PISA є глобальним порівняльним оцінюванням, яке раз на три роки тестує 15-річних учнів у галузі читацької, математичної та природничо-наукової грамотності, щоб оцінити здатність молоді застосовувати знання в реальних життєвих ситуаціях. Участь України у PISA-2018 ознаменувала відкритість країни до міжнародного моніторингу та порівняння освітніх систем, а також готовність впроваджувати компетентнісний підхід у навчанні.

Результати першого циклу PISA для України (тестування 2018 року) показали середній рівень успішності 15-річних підлітків, нижчий за середній показник ОЕСР, але надали конкретні орієнтири для реформ. Наприклад, 26,4 % українських учнів не досягли базового рівня знань з природничо-наукової грамотності [26]. Ці дані стали «шоком» для освітньої спільноти, підтвердивши необхідність змін у методах навчання науки. Український уряд врахував висновки PISA при плануванні освітніх реформ, зокрема у межах концепції Нової української школи, яка акцентує увагу на формуванні компетентностей, а не лише передачі знань. Другий цикл участі України у PISA припав на 2022 рік і був ускладнений воєнними діями. Дослідження вдалося провести лише в 18 із 27 регіонів країни; за його попередніми результатами, українські учні у середньому набрали 450 балів з природничих дисциплін (проти 485 балів в середньому по ОЕСР) і 441 бал з математики порівняно із середнім показником 472 [1]. Попри складні умови, продовження участі у PISA-2022 засвідчило прагнення України залишатися в колі міжнародного освітнього вимірювання та покращувати свої показники.

Участь у подібних порівняльних дослідженнях дозволяє Україні відстежувати прогрес своїх учнів у глобальному контексті та впроваджувати найкращі практики, рекомендовані міжнародною освітньою спільнотою.

Міжнародні програми та угоди Малої академії наук України

Мала академія наук України активно вибудовує міжнародні зв'язки юнацької науки. У серпні 2011 року МАН України формально долучилася до програм CERN, підписавши Спільну декларацію про співпрацю (участь учнів і вчителів у навчальних програмах CERN) [30].

У вересні 2018 року МАН приєдналася до мережі Copernicus Academy, що відкрило українським школярам і дослідникам доступ до даних європейських супутників та участі в геонаукових і космічних заходах [23].

Особливо проривною стала співпраця МАН із американськими науково-освітніми установами у космічній сфері. 2021 року, за підтримки Посольства

України в США, Мала академія наук долучилася до програми студентських космічних експериментів *NASA SSEP (Student Spaceflight Experiments Program)*. У межах програми SSEP шкільні команди з різних регіонів України розробляють мікроексперименти, які можуть бути відправлені на Міжнародну космічну станцію [28]. Участь у програмі NASA SSEP не тільки надала українським школярам унікальний досвід реальної космічної науки, але й продемонструвала високий потенціал міжнародної наукової співпраці України навіть на рівні середньої освіти.

У вересні 2025 року на міжнародному технофестивалі TEKNOFEST (Стамбул) МАН і турецька авіабудівна компанія «*Baykar*», відома своїми високотехнологічними розробками, підписали меморандум про створення в Києві Центру авіаційних і космічних технологій для дітей і молоді (лабораторії, майстерні, освітні простори). Також на цьому заході було укладено меморандум із Turkish Technology Team Foundation – організацією, яка популяризує науку серед молоді та підтримує технологічне підприємництво [16].

Мала академія наук України інтегрована у провідні міжнародні мережі наукової освіти та інновацій: *IFIA* (International Federation of Inventors' Associations), *ASPAC* (Asia Pacific Network of Science & Technology Centres), *ASTC* (Association of Science and Technology Centers), *ECSITE* (European network of science centres & museums) та *WCGTC* (World Council for Gifted and Talented Children) [15]. Таке членство розширює співпрацю з науковими центрами й музеями світу, відкриває доступ до професійних спільнот, подій і кращих практик, а також підсилює міжнародну валідність програм для обдарованої учнівської молоді в Україні.

Отже, міжнародна співпраця у сфері наукової освіти стала невід'ємною складовою освітніх реформ та ініціатив України. Партнерства на рівні уряду (наприклад, з ЮНЕСКО) заклали фундамент для довгострокових програм розвитку STEM-освіти і відкрили українській молоді доступ до світових ресурсів та експертизи. Участь у міжнародних оцінюваннях як-от PISA і TIMSS дала можливість об'єктивно побачити стан шкільної освіти та мотивувала впровадження компетентнісного підходу в навчальні програми. Міжінституційні угоди та проекти, реалізовані Малою академією наук спільно з зарубіжними партнерами (UNESCO, Baykar, NASA, CERN та ін.), створили для українських учнів унікальні можливості – від участі в космічних експериментах на МКС до заснування авіакосмічного центру для молоді в Києві. Ключові міжнародні ініціативи (як-от Copernicus Academy, Genius Olympiad, MILSET, програми ЄС)

забезпечують інтеграцію України у світову STEM-спільноту та сприяють підвищенню якості наукової освіти. Спільними зусиллями урядових і освітніх інституцій України та їхніх закордонних партнерів формується покоління молодих українців, здатних творчо мислити, проводити наукові дослідження і конкурентно брати участь у глобальному науково-технологічному розвитку. Це є запорукою того, що українська наука й освіта надалі відповідатимуть найвищим міжнародним стандартам і робитимуть внесок у світовий

3.4. Цифрова трансформація науки і освіти

Цифрова трансформація є однією з найбільш значущих рушійних сил сучасності, що глибоко впливає на всі сфери людської діяльності, включно з наукою та освітою. Вона виходить за межі простої діджиталізації (переведення аналогових даних у цифровий формат) і передбачає фундаментальну перебудову процесів, культури та мислення, використовуючи цифрові технології для створення нових можливостей та підвищення ефективності. У контексті науки в освіті цифрова трансформація відкриває безпрецедентні перспективи для досліджень, викладання та навчання, водночас ставлячи нові виклики.

Цифрова трансформація науки і освіти – це інтеграція цифрових технологій у всі аспекти наукової та освітньої діяльності з метою фундаментальної зміни способів функціонування, створення цінності для стейкхолдерів та взаємодії зі світом. Вона перетворює не лише інструменти, а й методологію, культуру та філософію наукового пізнання та освітнього процесу.

Можна виокремити такі чинники трансформації науки і освіти:

1. Прискорений розвиток технологій: Штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), Big Data (великі дані), хмарні обчислення, блокчейн, віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR), Інтернет речей (IoT) – ці технології стають невід’ємною частиною наукового та освітнього ландшафту [55].

2. Глобалізація та доступність інформації: Цифрові інструменти руйнують географічні бар’єри, сприяючи міжнародній співпраці та обміну знаннями.

3. Зростаючі вимоги до освіти: Потреба в компетентних фахівцях, здатних оперувати великими обсягами даних, критично мислити та вирішувати складні проблеми, стимулює впровадження цифрових інструментів у навчальний процес [54].

4. Пандемія COVID-19: Прискорила впровадження цифрових рішень у навчання та дослідження, продемонструвавши їхню важливість для забезпечення неперервності освітнього процесу [41].

Цифрова трансформація кардинально змінює способи проведення наукових досліджень у галузі педагогіки. Проаналізуємо, як найчастіше відбувається сьогодні збір та аналіз даних:

Big Data дозволяє збирати, зберігати та аналізувати величезні масиви даних про навчальний процес, поведінку студентів, результати навчання, ефективність методів викладання тощо [36]. А це, в свою чергу, відкриває нові можливості для виявлення закономірностей, прогнозування освітніх траєкторій та персоналізації навчання [56].

Навчальна аналітика (Learning Analytics) визначається як використання даних для розуміння та оптимізації навчання та навчальних середовищ [62].

Автоматизація збору даних через цифрові платформи (LMS), онлайн-опитування, сенсори дозволяють автоматизувати збір даних, зменшуючи трудомісткість досліджень.

Далі хочемо представити сучасні методичні інструменти методології досліджень в епоху цифрової трансформації:

- змішані методи – цифрові інструменти спрощують інтеграцію кількісних і якісних методів;
- симуляції та моделювання – VR/AR та інші симуляційні платформи дозволяють створювати контрольовані середовища для експериментів, що є особливо цінним у педагогіці, де «живі» експерименти можуть бути складними або неетичними [53];
- відкрита наука (Open Science): цифровізація сприяє поширенню принципів відкритої науки – відкритого доступу до публікацій (Open Access), дослідницьких даних (Open Data), методологій та програмного забезпечення, що підвищує прозорість, відтворюваність та ефективність досліджень;
- глобальні дослідницькі мережі: цифрові платформи дозволяють дослідникам з різних країн легко співпрацювати над спільними проектами;
- цифрові репозиторії та платформи препринтів (наприклад, arXiv, Preprints.org) прискорюють поширення наукових результатів, роблячи їх доступними для широкої спільноти до офіційної публікації [51].

Наведемо декілька прикладів цифрових платформ, де легко можна знайти та використовувати навчальний контент для освітян та учнів.

MOZAIK EDUCATION – цифрова бібліотека, яка містить медіа та 3D відео про явища, процеси, події, елементи тощо. Складається із наступних елементів: аудіо; відео; зображення; цифрові уроки [49].

Всесвіт UA – YouTube-канал для вивчення астрономії [6].

Мобільний додаток «EUCLIDEA» В програмі є свій набір інструментів, який дозволяє виконувати геометричні побудови і певна збірка задач, які можна розв'язати за допомогою цих інструментів. Задачі в додатку містяться у блоках (за складністю або за типом побудови), в кожному з яких для переходу до наступної задачі обов'язково треба правильно розв'язати попередню. Особливістю задач Euclidean є те, що на екрані вже задано деяку фігуру, яку треба використати для побудови шуканої. Наприклад, вписати коло в заданий ромб, побудувати пряму, яка є рівновіддаленою від трьох заданих точок тощо. [42].

Цікава наука – освітній YouTube-канал. На каналі доступна велика кількість науково-популярних та освітніх відео з біології, фізики, астрономії, географії, математики, які перекладені та озвучені українською мовою [27].

Цифрова трансформація безперечно змінює способи викладання та навчання, сприяючи розвитку наукового мислення учнів:

- Персоналізоване та адаптивне навчання: ІІІ та адаптивні платформи аналізують індивідуальні потреби учнів, пропонуючи персоналізовані навчальні траєкторії, матеріали та завдання, що дозволяє оптимізувати процес засвоєння наукових концепцій [34].

- Імерсивні та інтерактивні навчальні середовища: VR/AR технології дозволяють створювати віртуальні лабораторії, екскурсії у складні наукові об'єкти (наприклад, всередину атома або галактики), симуляції наукових експериментів, роблячи абстрактні наукові поняття більш наочними та зрозумілими [25].

- Розвиток критичного та системного мислення: доступ до великих обсягів інформації вимагає від учнів розвитку навичок критичної оцінки джерел, аналізу даних, виявлення фейків. Проєктне та проблемно-орієнтоване навчання з використанням цифрових інструментів сприяє формуванню навичок наукового пошуку, гіпотезування та верифікації.

- Формування цифрової грамотності: учні опановують інструменти для роботи з науковими даними, візуалізації, програмування, що є невід'ємною частиною сучасної наукової діяльності.

- «Відкрита наука» в навчанні: залучення студентів до роботи з реальними науковими даними, публікаціями з відкритим доступом, участь у

краудсорсингових наукових проєктах (citizen science) дозволяє їм відчувати себе частиною наукової спільноти.

Незважаючи на значні переваги, цифрова трансформація науки та освіти породжує низку викликів та етичних дилем, серед яких:

- Цифрова нерівність (Digital Divide): доступ до технологій та швидкісного інтернету залишається нерівномірним, що може поглиблювати розрив у можливостях між різними соціальними групами та регіонами (IMT Solutions, 2024).
- Якість та достовірність інформації: величезний обсяг онлайн-інформації вимагає від учнів та дослідників здатності до верифікації та критичної оцінки.
- Конфіденційність даних та безпека: збір великих обсягів даних про студентів та дослідників викликає занепокоєння щодо приватності, захисту персональних даних та кібербезпеки (IISTR Journals, n.d.; Teachers Institute, 2023).
- Алгоритмічна упередженість (Algorithmic Bias): алгоритми ШІ, що використовуються в освітніх системах, можуть відтворювати та посилювати існуючі суспільні упередження, якщо вони ґрунтуються на упереджених даних.
- Етичні дилеми ШІ: використання ШІ в оцінюванні, прийнятті рішень щодо освітніх траєкторій, а також питання авторства та плагіату у контексті генеративного ШІ [48].
- Підготовка кадрів: необхідність перекваліфікації викладачів та науковців для ефективного використання цифрових інструментів та адаптації до нових методологій [45].
- Дегуманізація навчання: ризик надмірної залежності від технологій, що може призвести до втрати живого спілкування, емпатії та соціальних навичок [31].

Отже, цифрова трансформація науки і освіти є незворотним процесом, що відкриває грандіозні можливості для підвищення якості наукових досліджень та освітнього процесу, формування нового типу мислення та підготовки фахівців, готових до викликів XXI століття. Водночас, її успішна реалізація вимагає усвідомленого підходу до подолання викликів, зокрема забезпечення рівного доступу, захисту даних, розробки етичних регуляцій та постійної підготовки кадрів. Інтеграція цифрових інструментів у наукову та освітню діяльність має бути спрямована не на повну автоматизацію, а на посилення людського потенціалу, розвиток критичного мислення та творчості.

Список використаних джерел

1. Бичко Г. *Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2022* / Г. Бичко, Т. Вакуленко, Т. Лісова, М. Мазорчук, В. Терещенко, С. Раков, В. Горох та ін. ; за ред. В. Терещенка та І. Клименко. Київ : Український центр оцінювання якості освіти, 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://pisa.testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/PISA-2022_Naczionalnyj-zvit_povnyj.pdf.
2. Верховна Рада України. *Про вищу освіту* : Закон України від 1 лип. 2014 р. № 1556-VII (ред. від 12 верес. 2025 р.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
3. Верховна Рада України. *Про наукову і науково-технічну діяльність* : Закон України від 26 листоп. 2015 р. № 848-VIII (ред. від 28 серп. 2025 р.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>.
4. Верховна Рада України. *Про освіту* : Закон України від 5 верес. 2017 р. № 2145-VIII (ред. від 12 верес. 2025 р.). [Електронний ресурс]. База даних «Законодавство України». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
5. Верховна Рада України. *Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки* : розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 лют. 2022 р. № 286-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-p>.
6. *Vsesvit UA* [YouTube channel]. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.youtube.com/channel/UCi0Z9L9HrhD7oYpMs2pLxSw>.
7. Кабінет Міністрів України. Державний стандарт базової середньої освіти : постанова від 30 верес. 2020 р. № 898. [Електронний ресурс]. *Офіційний вісник України*. Режим доступу: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/76886/.
8. Кабінет Міністрів України. Мала академія наук України стане Центром ЮНЕСКО 2-ї категорії : повідомлення від 13 жовт. 2017 р. [Електронний ресурс]. *Офіційний портал уряду України*. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/250347746>.
9. Кабінет Міністрів України. *Про затвердження Державного стандарту початкової освіти* : постанова від 21 лют. 2018 р. № 87. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/87-2018-%D0%BF>.

10. Кабінет Міністрів України. *Про затвердження Положення про науковий ліцей та науковий ліцей-інтернат* : постанова від 22 трав. 2019 р. № 438. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/438-2019-%D0%BF>.
11. Кабінет Міністрів України. *Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)* : розпорядження від 5 серп. 2020 р. № 960-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80>.
12. Кабінет Міністрів України. *Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на 2020–2027 роки* : розпорядження від 3 лют. 2021 р. № 131-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>.
13. Коваленко В. В. *Болонський процес як фактор трансформації вищої освіти України* : монографія. Київ : Видавничий дім «Слово», 2018.
14. Мала академія наук України. *Мала академія наук України*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://man.gov.ua/>.
15. Мала академія наук України. *Міжнародна діяльність МАН*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://man.gov.ua/about/intl-activity>.
16. Мала академія наук України. *Центр авіаційних та космічних технологій для дітей і молоді в Україні: компанія «Baykar» і МАН домовились про співпрацю* : новина від 19 верес. 2025 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://man.gov.ua/about/news/centr-aviacijnih-ta-kosmichnih-tehnologij-dlya-ditej-i-molodi-v-ukrayini-kompaniya-baykar-i-mala-akademiya-nauk-domoviliss-pro-spivpracyu>.
17. Міністерство освіти і науки України. *Про затвердження Положення про Малу академію наук учнівської молоді* : наказ від 9 лют. 2006 р. № 90 (зареєстр. у Мін'юсті України 24 лют. 2006 р. за № 172/12046). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0172-06#Text>.
18. Міністерство освіти і науки України. *Про затвердження Положення про порядок здійснення інноваційної діяльності у сфері освіти* : наказ від 12 трав. 2023 р. № 552 (зареєстр. у Мін'юсті України 10 серп. 2023 р. за № 1155/40311). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1155-23>.

19. Міністерство освіти і науки України. *Про затвердження Стандарту спеціалізованої освіти наукового спрямування* : наказ від 16 жовт. 2019 р. № 1303. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1303729-19#Text>.
20. Міністерство освіти і науки України. Проєкт «Навчаємось разом» завершує роботу в Україні: підбито підсумки 5-річної роботи з підтримки реформи НУІШ Фінляндією та ЄС : 5 лип. 2023 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/news/proekt-navchaemos-razom-zavershue-robotu-v-ukraini-pidbito-pidsumki-5-richnoi-roboti-z-pidtrimki-reformi-nush-finlyandieyu-ta-es>.
21. Мірошнікова А. Знати природу, а не підручники: що вимірює міжнародне дослідження TIMSS? // *Освіторія. Медіа*. 26 лют. 2024 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://osvitoria.media/experience/znaty-prirodu-a-ne-pidruchnyky-shho-vymiryuye-mizhnarodne-doslidzhennya-timss/>.
22. Музей математики МАН України. *Музей математики «Кубоїд»*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mathmuseum.com.ua/>.
23. Національна академія наук України. Мала академія наук України стала учасником європейської програми «Copernicus» : повідомлення Прес-служби від 7 лют. 2019 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.old.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=4611>.
24. Радченко О., Лісничий В., Гончар А., Миненко О. Наукова освіта як ключова парадигма сталого розвитку України // *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2022. Вип. 2. С. 67–75. DOI: 10.32405/2413-4139-2020-2(29)-67-75.
25. Топузов О., Алексєєва С. *Штучний інтелект та імєрсивні технології в освітніх практиках: компенсація освітніх втрат у загальній середній освіті під час війни в Україні*. Київ : ТОВ «Юрка Любченка», 2024. С. 249–260. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744578>.
26. Український центр оцінювання якості освіти. *Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2018*. 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://wergelandcentre.org/content/uploads/2022/03/PISA_2018_Report_UKR-min.pdf.
27. *Цікава наука* [YouTube channel]. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.youtube.com/c/cikavanauka>.

28. Чадюк М. Від Олімпіади геніїв до співпраці з NASA. *День*. 21 груд. 2021 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://day.kyiv.ua/article/suspilstvo/vid-olimpiady-heniyiv-do-spivpratsi-z-nasa>.
29. ЮНЕСКО. ЮНЕСКО та Україна підписали угоду про створення Центру ЮНЕСКО категорії 2 на базі Малої академії наук : берез. 2018 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unesco.org/ua/articles/yunesko-i-ukraina-podpisali-soglashenie-o-sozdanii-centra-yunesko-kategorii-2-na-baze-maloy-akademii>.
30. UNESCO. ЮНЕСКО и Украина подписали соглашение о создании Центра ЮНЕСКО категории 2 на базе Малой академии наук [Електронний ресурс]. – 13 берез. 2018 р. – Режим доступу: <https://www.unesco.org/ru/articles/yunesko-i-ukraina-podpisali-soglashenie-o-sozdanii-centra-yunesko-kategorii-2-na-baze-maloy-akademii>.
31. Юров О. *Співдружність ЦЕРН – Мала академія наук – освітня нескорених міст України 2022–2024* : презентація на 4-й онлайн-школі вчителів України. CERN : 4th ONLINE Ukrainian Teacher Programme, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://indico.cern.ch/event/1404848/contributions/5907026/>.
32. Accenture. *Learning paradigms in AI – Understanding how AI learns*. 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.accenture.com/hk-en/blogs/data-ai/learning-paradigms-ai>.
33. Ayala Villamil L.-A. V., García Martínez Á. V. *VNOS: A historical review of an instrument on the nature of science*. Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education. 2021. Vol. 17, Iss. 2. Article e2238. DOI: 10.21601/ijese/9340.
34. Barak M. *Family Resemblance Approach in Science Education*. Science & Education. 2023. Vol. 32. P. 1221–1225. DOI: 10.1007/s11191-023-00456-1.
35. Bilyk I., Konovalchuk L., Kuchai O. *Implementing Competency-Based Education Through the Personalized Monitoring of Primary Students' Progress and Assessment*. Education Sciences. 2021. Vol. 15, Iss. 2. P. 252. DOI: 10.3390/educsci11050252.
36. Cheung K. K. C., Erduran S. *A Systematic Review of Research on Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education*. Science Education (Dordr). 2022. P. 1–37. DOI: 10.1007/s11191-022-00399-1.

37. EdTechDigit Innovations. *How is Data Science Transforming Education in the Age of AI?* 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.edtechdigit.com/research-and-insights/how-is-data-science-transforming-education-in-the-age-of-ai>.
38. Erduran S. *Philosophy, Chemistry and Education: Connecting Chemical Phenomena to the Nature of Matter, the Nature of Science, and the Philosophy of Chemistry*. Springer, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-17202-4.
39. European Commission. *Open Science*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/our-digital-future/open-science_en.
40. European Higher Education Area and Bologna Process. *The European Higher Education Area in 2018: Bologna Process Implementation Report*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2018.
41. European Union. *Sustainable development (LEGISSUM)*. [Електронний ресурс]. *EUR Lex*. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=LEGISSUM:sustainable_development.
42. García-Morales V. J., Garrido-Moreno A., Martín-Rojas R. *The transformation of higher education after the COVID disruption: Emerging challenges in an online learning scenario*. *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. Article 616059. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.616059.
43. HORIS INTERNATIONAL LIMITED. *Euclidean* [Mobile app]. [Електронний ресурс]. *Google Play*. Режим доступу: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hil_hk.euclidean.
44. IISTr Journals. *Digital Ethics and the Future of Education: An Urgent Dialogue*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://journal.iistr.org/index.php/JETIA/article/download/981/704/5943>.
45. Iivari N., Sharma S., Ventä-Olkkonen L. *Digital transformation of everyday life – How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care?* *Computers in Human Behavior*. 2020. Vol. 119. Article 106713. DOI: 10.1016/j.chb.2021.106713.
46. IMT Solutions. *Opportunities and Challenges: Digital transformation in Education*. 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://imt-soft.com/en/2024/09/02/opportunities-and-challenges-digital-transformation-in-education/>.

47. Lederman N. G. *Research on nature of science: Reflections on the past, anticipations of the future* [Foreword]. Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching. 2006. Vol. 7, Iss. 1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v7_issue1_files/foreword.pdf.
48. McComas W. F. *The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths of science*. The Science Teacher. 1998. Vol. 65, Iss. 9. P. 24–27.
49. Memarian B. *Indigenizing the Artificial Intelligence (AI) Programmed Engineering Education Curriculum: Challenges and Future Potentials*. ASEE Annual Conference and Exposition Proceedings. 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://teachers.institute/educational-technology-overview/ethics-in-digital-learning/>.
50. Mozaik Education. *Цифрова освіта та навчання від Mozaik*. [Електронний ресурс]. *mozaWeb*. Режим доступу: <https://www.mozaweb.com/uk/index.php>.
51. Osborne J., Collins S., Ratcliffe M., Millar R., Duschl R. *What «ideas-about-science» should be taught in school science? A Delphi study of the expert community*. Journal of Research in Science Teaching. 2003. Vol. 40, Iss. 7. P. 692–720. DOI: 10.1002/tea.10105.
52. Preprints.org. *Achieving a Holistic Digital Paradigm Shift: Five Elements to Achieving Digital Learning Success in Higher Education*. 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.preprints.org/manuscript/202503.1250/v1>.
53. ResearchGate. *Digital transformation in education: Strategies for effective implementation*. 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/383699988_Digital_transformation_in_education_Strategies_for_effective_implementation.
54. Scientific Herald of Uzhhorod University. Series «Physics». *Innovations in educational methodologies: Exploring the impact of digital technologies on learning and teaching*. 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://physics.uz.ua/uk/article/download/innovations-in-educational-methodologies-exploring-the-impact-of-digital-technologies-on-learning-and-teaching>.
55. Scientific Research Publishing. *Current Trends in Competency Based Education*. 2016. [Електронний ресурс]. DOI: 10.4236/jep.2016.711099.
56. Soloway. *Digital Transformation In Education: Why Does It Happen?* 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://soloway.tech/blog/digital-transformation-in-education-deliver-the-right-technology/>.

57. Tetzlaff A., Mezirow J., Krings F. *Personalized Learning in the Digital Age: A Systematic Review*. Computers & Education. 2020. Vol. 156. Article 103957. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.103957.
58. The World Academy of Sciences (TWAS). 2023: *Science is key to sustainable development*. 30 серп. 2024 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://twas.org/article/2023-science-key-sustainable-development>.
59. UNESCO. *How science can help to create a sustainable world*. 8 квіт. 2016 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/articles/how-science-can-help-create-sustainable-world>.
60. UNESCO. *International Year of Basic Sciences for Sustainable Development*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/years/basic-sciences>.
61. UNESCO. *What you need to know about education for sustainable development*. 23 жовт. 2024 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know>.
62. Van Eijck M., Roth W.-M. *Improving Science Education for Sustainable Development*. PLoS Biology. 2007. Vol. 5, Iss. 12. Article e306. DOI: 10.1371/journal.pbio.0050306.
63. Wu Q., Huang F., Yang M. *Research on the Assessment Method of College Students' Core Competencies based on Big Data*. Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1827, Iss. 1. Article 012015. DOI: 10.1088/1742-6596/1827/1/012015.

РОЗДІЛ IV. ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВОЇ ОСВІТИ

4.1. Наука та освіта як ключові чинники сталого розвитку

Поняття сталого розвитку (sustainable development) закріпилося у світовому дискурсі наприкінці XX століття, коли глобальна спільнота усвідомила необхідність збалансувати економічне зростання, соціальний добробут і збереження довкілля. Класичне визначення було запропоноване у доповіді ООН «Наше спільне майбутнє» (Комісія Брундтланд, 1987 р.): «сталий розвиток – це розвиток, що задовольняє потреби нинішнього покоління, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби» [14]. Інакше кажучи, сталий розвиток передбачає задоволення сучасних потреб людства без виснаження ресурсів і можливостей для прийдешніх поколінь, поєднуючи економічний поступ із соціальною справедливістю та екологічною рівновагою. Ця концепція, формалізована наприкінці 1980-х рр., лягла в основу глобальних ініціатив – від Порядку денного XXI століття (1992 р.) до Цілей сталого розвитку ООН до 2030 року (ухвалених у 2015-му), які охоплюють 17 конкретних цілей для забезпечення гармонійного розвитку суспільства і планети.

Відтоді сталий розвиток став провідною парадигмою світової політики та стратегією розвитку багатьох країн. Він означає не просто екологічну стійкість, а системну зміну підходів до розвитку – з урахуванням довгострокових наслідків рішень і необхідності міжнародної співпраці задля подолання бідності, нерівності, змін клімату та інших глобальних викликів. Державні та наднаціональні установи (наприклад, Європейський Союз) закріпили принципи сталого розвитку у своїх програмах: зокрема, ЄС декларує сталий розвиток як одну з довгострокових цілей і через свої політики (Європейський зелений курс, програми з кліматичних дій, циркулярної економіки тощо) прагне реалізувати Цілі сталого розвитку ООН. Важливо підкреслити, що сталий розвиток – це динамічний процес, який вимагає інноваційних рішень та науково обґрунтованих підходів, адже проблеми, які він покликаний вирішити (від зміни клімату до глобальних епідемій), мають комплексний характер і потребують надійних знань.

Наука відіграє фундаментальну роль у реалізації концепції сталого розвитку. Глобальні виклики – зміна клімату, втрата біорізноманіття, виснаження природних ресурсів, пандемії, бідність – є надзвичайно складними, і їхнє вирішення потребує нових знань, технологій та інноваційних підходів. Саме

тому міжнародні організації наголошують: «Наука має вирішальне значення для того, щоб долати складні виклики, що постали перед людством, такі як зміна клімату, втрата біорізноманіття, забруднення та подолання бідності, адже вона закладає основу для нових підходів і рішень» [33]. Інакше кажучи, без наукових досліджень і доказових даних неможливо виробити ефективні стратегії сталого розвитку. Наукові знання дозволяють зрозуміти суть проблем (наприклад, механізми глобального потепління), прогнозувати наслідки людської діяльності та розробляти технології, що мінімізують негативний вплив на довкілля (від відновлюваної енергетики до «зелених» технологій у промисловості).

Більше того, сучасний порядок денний сталого розвитку (ООН 2030) прямо вказує на необхідність мобілізації науки, технологій та інновацій. У світлі досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР) наука розглядається як «невід’ємний стрижень цієї місії», адже для боротьби з кліматичною кризою, епідеміями, глобальною нерівністю потрібні точні наукові дані та емпірично обґрунтовані рішення [31]. Так, для протидії зміні клімату світова спільнота спирається на кліматологічні дослідження при формуванні політик; для охорони екосистем – на дані екологічних наук; для розвитку медицини та подолання хвороб – на біомедичні дослідження тощо. Науковий прогрес безпосередньо породжує нові шляхи сталого розвитку – від технологій чистої енергії та енергоефективності до екологічно дружніх матеріалів і методів ведення господарства.

Необхідно зазначити, що міжнародне визнання ролі науки у сталому розвитку закріплене також в офіційних ініціативах. Приміром, Генеральна Асамблея ООН оголосила 2022 рік Міжнародним роком фундаментальних наук в інтересах сталого розвитку, підкресливши значення базових наукових досліджень для досягнення ЦСР. ЮНЕСКО як провідна установа ООН у сфері науки і освіти упродовж цього року організувала серію заходів, щоб особливо наголосити на ролі фундаментальних наук у сталому розвитку [34]. Це підкреслює: накопичення фундаментальних знань (у фізиці, хімії, біології тощо) створює підґрунтя для прикладних інновацій, що просувають сталий розвиток. В цілому, наука надає інструменти і факти, без яких неможливо виробити збалансовані рішення для економічного розвитку, соціального добробуту й екологічної безпеки одночасно.

Якщо наука генерує знання для сталого розвитку, то освіта, особливо освіта в галузі науки, техніки та технологій, забезпечує передачу цих знань суспільству і підготовку майбутніх поколінь до розв’язання складних проблем.

На глобальному рівні визнано, що освіта є ключовим чинником поступу у досягненні всіх Цілей сталого розвитку [36]. Зокрема, концепція «освіти для сталого розвитку» (Education for Sustainable Development, ESD) наголошує на формуванні в учнів і студентів знань, умінь та цінностей, необхідних для ухвалення свідомих рішень та дій задля сталого майбутнього [33]. У цьому контексті наукова освіта займає особливе місце, оскільки вона розвиває наукове мислення, розуміння основних законів природи і суспільства, навички критичного аналізу й вирішення проблем – тобто все те, що конче необхідне для реалізації принципів сталого розвитку на практиці.

Дослідники підкреслюють пряму залежність між якістю наукової освіти та спроможністю суспільства протидіяти глобальним загрозам. Так, за словами М. ван Ейк та В.-М. Рота, «якісна наукова освіта потрібна не лише для підтримання активної наукової спільноти, здатної вирішувати глобальні проблеми на кшталт глобального потепління чи пандемій, але й для забезпечення високого рівня наукової грамотності населення». Вони наголошують: «немає сумніву, що ефективна освіта може слугувати засобом розв’язання глобальних проблем» [37]. Іншими словами, добре освічені в науці громадяни краще розуміють виклики сталого розвитку – від змін клімату до раціонального споживання ресурсів – і більш готові підтримувати та впроваджувати необхідні зміни. Наукова освіта формує наукову грамотність (scientific literacy) широких верств населення, даючи людям розуміння причинно-наслідкових зв’язків у природі й суспільстві та навчаючи оцінювати рішення на основі доказів. Це, своєю чергою, сприяє тому, що громадяни підтримують обґрунтовані політики сталого розвитку та свідомо змінюють свою поведінку (наприклад, економлять енергію, сортують відходи, обирають екологічно чистий транспорт тощо).

Крім загальної наукової грамотності суспільства, наукова освіта важлива для підготовки фахівців і лідерів, спроможних впроваджувати інновації для сталого розвитку. Сучасна економіка знань потребує інженерів, дослідників, технологів, які володіють сучасними науковими знаннями і методами. Інвестування в наукову та технічну освіту молоді сьогодні – це інвестування у спроможність країни завтра переходити на сталий шлях розвитку, запроваджувати «зелені» технології і конкурентоспроможні інновації.

Варто навести кілька конкретних прикладів, як поєднання науки й освіти допомагає рухатися до сталого розвитку. На міжнародному рівні діють програми, що інтегрують цілі сталого розвитку в зміст науково-природничої освіти. ЮНЕСКО в рамках десятиліття освіти для сталого розвитку

(2005–2014 рр.) та подальших ініціатив ESD сприяла тому, щоб шкільні курси з природничих наук включали теми зміни клімату, біосферних циклів, відновлюваної енергії, сталого споживання тощо [36]. Сьогодні в багатьох країнах світу на рівні шкільних програм запроваджуються міждисциплінарні курси або модулі, присвячені сталому розвитку: наприклад, учні досліджують локальні екологічні проблеми на уроках біології чи географії, вчать про чисті технології на фізиці чи хімії, аналізують статистичні дані про розвиток суспільства на уроках математики. У вищій освіті з'явилися спеціалізації з «sustainability science» – науки про стійкий розвиток, які поєднують природничо-наукові, соціально-економічні та гуманітарні знання для комплексного розв'язання проблем сталості [33]. Яскравим прикладом є Японія, яка спільно з ЮНЕСКО активно просуває підхід «наука про сталий розвиток» і фінансує дослідження, що об'єднують науковців, політиків і освітян задля напрацювання рішень для ЦСР. В Україні також робляться кроки до інтеграції принципів сталого розвитку в освіту: концепція «Нова українська школа» передбачає формування компетентностей, серед яких екологічна грамотність і здорове життя, інноваційність, підприємливість, а наукова грамотність розглядається як основа розвитку цих компетентностей. Таким чином, поєднання науки й освіти виступає потужним каталізатором змін: навчаючи молоде покоління науковому способу мислення і розумінню принципів сталості, суспільство закладає фундамент для свого довготривалого процвітання.

Особливої уваги заслуговує трактування наукової освіти у рамках континентальної освітньої традиції, яка історично склалася в країнах Європи (німецько-французька модель освіти тощо). У цій традиції наука (Wissenschaft) розуміється широко – як цілісна система знань і методів їх набуття, що охоплює як природничі, так і соціальні та гуманітарні дисципліни. Наукова освіта, відповідно, трактується не вузько утилітарно, а як формування у здобувачів освіти фундаментальних основ знань і наукового методу незалежно від обраної спеціалізації. Це означає, що вже в середній школі учнів навчають не просто фактам, а тому, як ці знання здобуваються: через спостереження, експеримент, аналіз, критичне мислення. Таким чином формується науковий світогляд – розуміння того, що світ пізнаваний, що явища мають причини, які можна з'ясувати, і що знання розвиваються на основі доказів.

Сучасні європейські підходи до освіти все більше відображають цю ідею. З'являється поняття «наукова освіта для відповідальних громадян», під яким розуміють підготовку особистості, здатної свідомо і компетентно діяти у

суспільстві знань. Як відзначено в дослідженнях, за умов глобального інформаційного суспільства на перший план виходить потреба у формуванні особистості нового типу – конкурентоздатної та компетентної людини, яка має наукову грамотність, дослідницькі навички і готовність навчатися протягом життя [4]. Відповідно, освітні системи мають ґрунтуватися на засадах наукової освіти, що виховує відповідальних громадян. Це означає перехід від традиційної моделі, де школа надає учням «готові знання», до моделі, де акцент робиться на самостійному здобутті знань учнями за допомогою дослідницьких практик і застосування наукової методології від перших кроків навчання. Саме такий підхід відповідає континентальній освітній філософії, починаючи ще від ідей Вільгельма фон Гумбольдта про єдність навчання і дослідження: освіта повинна не просто передавати накопичені істини, а формувати здатність до пошуку істини.

У практичному вимірі це виливається у навчальні програми, де всі предмети інтегруються навколо розвитку загальних умінь і наукового мислення. Наприклад, шкільний курс фізики чи хімії в європейській школі приділяє велику увагу експериментальним завданням, проєктним роботам, де учні самі ставлять питання і шукають відповіді за допомогою наукового методу. На уроках біології або географії учні вчаться працювати з даними, спостерігати природу, робити висновки – замість простого заучування фактів. Вищі навчальні заклади континентальної Європи традиційно поєднують освіту і науку: студентів залучають до науково-дослідної роботи, навчають методології досліджень у відповідній галузі. Усе це закладає підґрунтя для того, щоб випускники були гнучкими, творчими, науково мислячими фахівцями, здатними генерувати інновації та адаптуватися до нових викликів – що є критично важливим для сталого розвитку суспільства.

Таким чином, наукова освіта у континентальній традиції виступає ключовим чинником сталого розвитку, оскільки вона забезпечує формування капіталу знань і методів, потрібних для прогресу. Вона дає людині розуміння універсальних законів природи і суспільства, навчає бачити систему в розрізнених явищах і шукати раціональні шляхи вирішення проблем. Це основа знань, на якій будуються всі галузі – від інженерії до економіки – і методологія, за допомогою якої суспільство вчиться навчатися і вдосконалюватися. Недарма вважається, що саме через освіту і просвіту (які спираються на науку) людство зможе перейти до моделі сталого розвитку [36]. Інвестуючи в наукову освіту, держави інвестують у власне стале майбутнє: у покоління громадян, здатних

критично мислити, генерувати інновації і приймати відповідальні рішення задля благополуччя людей і планети.

Підсумовуючи, можна констатувати, що наука і наукова освіта є наріжним камінням сталого розвитку. Наука постачає суспільству необхідні знання, технології та інновації, а освіта – передає ці знання людям і формує мислення, орієнтоване на пошук рішень для довгострокового добробуту. Без залучення науки неможливо досягти збалансованого розвитку, а без належної освіти суспільство не зможе скористатися плодами науки повною мірою. Саме тому в глобальній стратегії сталого розвитку наука розглядається як ключовий чинник, а інвестування у наукову освіту – як необхідна умова для побудови стійкого майбутнього.

4.2. Концепція «Природа науки (NOS)» у шкільній освіті

Концепція «Природа науки» (англ. *Nature of Science*, NOS) відображає уявлення про те, що таке наука, як вона функціонує та як формується наукове знання. У сучасній дидактиці природничих і суспільних дисциплін розуміння NOS визнано ключовим компонентом наукової грамотності учнів [8]. Зокрема, засвоєння природи науки стало однією з головних цілей шкільної науки, адже сприяє вирішенню важливих завдань: від практично-утилітарних (уміння розуміти науково-технологічні процеси у повсякденному житті) до демократичних (обґрунтоване прийняття рішень із суспільно значущих питань), культурних (усвідомлення науки як частини сучасної культури), морально-аксіологічних (формування уявлень про етичні норми наукової спільноти) та власне освітніх (краще опанування змісту наук) [8]. Таким чином, значення концепції NOS для освіти полягає у забезпеченні цілісного розуміння науки як системи знань і методів, притаманних усім галузям (природничим, соціальним, гуманітарним).

Ідеї про викладання природи науки у школі мають більш ніж столітню історію. Ще у 1907 році Центральна асоціація вчителів науки та математики США наголошувала на важливості ознайомлення учнів з науковим методом і характером наукового знання [20]. Відтоді розуміння NOS утвердилось як одна з цілей шкільної науки в багатьох країнах. Проте тривалий час цьому аспекту не приділялося достатньої уваги у навчальних програмах, що призводило до того, що випускники шкіл не могли належно пояснити, що таке «природа науки» і в чому полягають характерні риси наукового знання. Систематичні дослідження у галузі дидактики

науки, присвячені концепції NOS, розпочалися лише у 1950–1960-х роках. Перші дослідження мали описовий характер і виявили, що традиційне навчання науки не забезпечує сформованості адекватних уявлень про NOS у більшості учнів. Це спричинило активний пошук шляхів покращення ситуації: розроблялися експериментальні навчальні програми з акцентом на NOS, вивчалися уявлення вчителів про природу науки та можливості їх вдосконалення. Важливим висновком цього етапу стало усвідомлення, що глибокі знання вчителя про NOS є необхідною, але недостатньою умовою успішного навчання учнів (тобто викладач може не реалізувати їх у практиці).

Однією з поширених ранніх припущень було те, що якщо учнів активно залучати до практичної діяльності ученого – проведення дослідів, відкритого дослідження – то розуміння природи науки сформується в них «само собою». На жаль, досвід показав хибність цієї гіпотези: навіть участь у дослідницьких проєктах не гарантує усвідомлення учнями епістемологічних основ науки без спеціального акцентування [20]. Виявилося, що учні та навіть учителі краще засвоюють поняття NOS, коли вони навчаються цьому явно і рефлексивно, тобто коли характеристики науки виділені як окремий предмет обговорення на уроці, а учні залучені до рефлексії про те, як саме виникає наукове знання і чому воно має певні риси. Цей «явний і рефлексивний» підхід до навчання природи науки у 1990-х роках поступово витіснив попередній, «імпліцитний» підхід, заснований на припущенні, що достатньо просто навчати через дослідження.

Варто також розрізняти концепцію NOS та близьке до неї поняття «наукові практики» або «наукове дослідження». Якщо наукові практики стосуються конкретних діяльностей учених (спостереження, експериментування, аналіз даних тощо), то «природа науки» описує глибші принципи й філософські засади, на яких ґрунтується наукова діяльність, а також властивості отриманого знання [20]. Іншими словами, NOS – це скоріше про епістемологію науки (науку як спосіб пізнання світу), тоді як наукові методи – про процедури здобуття знань. Ці аспекти тісно пов'язані, але не тотожні: наприклад, спостереження й висування гіпотез є методами, а усвідомлення їхніх обмежень та ролі в побудові теорії – вже елементами NOS. У літературі навіть пропонується вживати термін «природа наукового знання» замість «природа науки» задля підкреслення саме епістемологічного характеру цього поняття [20].

Для того щоб окреслити зміст концепції «природа науки», потрібно зрозуміти, в якому значенні вживається слово «наука». У загальному випадку його можна трактувати трьома способами:

- 1) як сукупність знань про світ,
- 2) як діяльність з дослідження (метод)
- 3) як особливий спосіб здобуття знань про реальність (епістемологія) [20].

Саме третій аспект лежить в основі NOS: ця концепція описує характеристики наукового знання, що впливають з того, як це знання набувається в процесі наукового дослідження. Інакше кажучи, NOS відповідає на питання: чому ми довіряємо науковому знанню, чим воно відрізняється від інших видів знання, як влаштована наука як система виробництва знань.

На основі досліджень з історії, філософії та соціології науки в дидактиці було сформульовано низку ключових ідей про природу науки, які рекомендується засвоїти учням. Хоча різні автори подають дещо різні переліки таких ідей [20], можна виокремити так звану консенсусну модель NOS – набір базових положень, з якими погоджується більшість дослідників освіти в галузі науки. До них належать такі положення:

- *Розрізнення спостереження та висновків.* Існує різниця між безпосередніми емпіричними спостереженнями (фактами) та інтерпретаціями або висновками на їх основі. Ті самі дані можуть бути по-різному осмислені різними дослідниками.

- *Відмінність між законами і теоріями.* Наукові закони описують емпіричні залежності або явища, тоді як теорії – це глибші пояснювальні моделі, які інтерпретують, чому явища відбуваються. Закони і теорії – різні типи знання, а не «вищий» і «нижчий» рівень достовірності.

- *Творчий характер науки.* Отримання наукового знання вимагає уяви й творчості. Наука – не механічне накопичення фактів, а творчий процес побудови пояснень і моделей на основі даних.

- *Теоретична обумовленість спостережень.* Наукове знання частково суб'єктивне: науковці інтерпретують дані через призму наявних теорій і власного досвіду. Повної об'єктивності досягти неможливо, адже вибір методів, питань дослідження та навіть сприйняття фактів завжди відбувається за участі людського фактору.

- *Наука вбудована в соціокультурний контекст.* Наукові дослідження здійснюються в суспільстві й залежать від нього. Вчені – члени культурної

спільноти, тому культура та цінності епохи впливають на тематику і способи ведення досліджень; навзаєм розвиток науки впливає на суспільство і культуру.

- *Природа наукового знання – відкрита і динамічна.* Наукові теорії не є абсолютними і остаточними істинами. Наука прагне до об'єктивності і точності, проте всі наукові знання є до певної міри непевними: вони можуть переглядатися з появою нових доказів або розвитку нових методів. Знання, яке сьогодні вважається встановленим, у майбутньому може бути уточнене або переосмислене.

- *Емпіричне обґрунтування знання.* Наукові твердження і теорії повинні спиратися на емпіричні спостереження і експериментальні дані. У науки є справжній зв'язок з реальним світом: ідеї, які не підтверджуються фактами, зрештою відкидаються або переглядаються.

Наведених вище положень дотримується багато сучасних навчальних програм і стандартів з природничих дисциплін. Вони слугують своєрідними критеріями того, чи розуміє учень природу науки правильно (наприклад, чи усвідомлює він, що наукові теорії можуть змінюватися, що креативність важлива в науці тощо). Водночас деякі дослідники зазначають, що цей «консенсусний» перелік не вичерпує всіх аспектів науки і може створювати спрощене уявлення про неї [20]. Зокрема, наголошується, що традиційна модель NOS здебільшого фокусується на епістемологічних принципах природничих наук і менше враховує організаційні та соціальні особливості наукової діяльності (те, як працює наукове співтовариство).

Альтернативою став підхід «сімейної подібності» (Family Resemblance Approach, FRA), розроблений філософами Ґюролом Ірзіком і Робертом Нолою для цілісного опису науки [10]. Цей підхід пізніше було адаптовано до потреб освіти (розширено і деталізовано) науковцями Сібел Ерджуран та Зоє Дагер. У рамках FRA наука розглядається як сукупність кількох взаємопов'язаних компонентів або аспектів, що притаманні будь-якій науковій дисципліні. Модель FRA виділяє два великі блоки аспектів науки: *когнітивно-епістемічний* (пов'язаний із змістом і методами знання) та *соціально-інституційний* (що стосується науки як соціального інституту) [11]. До когнітивно-епістемічних категорій відносять: *мету і цінності науки* (пояснення явищ, пошук істини, прагнення до новизни, об'єктивність тощо), *методи та методологічні правила* (спостереження, експеримент, доказування, логічні норми і стандарти доказів), *наукові практики* (конкретні дослідницькі діяльності, наприклад вимірювання, моделювання, класифікація) і *наукове знання* (емпіричні факти, узагальнення,

гіпотези, теорії) [17]. Соціально-інституційні аспекти включають: *наукове співтовариство та його етичні норми* (напр., принципи наукової етики, цінності чесності, відкритості, скептицизму), *механізми соціальної сертифікації знання* (рецензування, експертизи, публікації, відтворюваність досліджень), *організацію і взаємодію наукових спільнот* (наукові установи, фінансування науки, влада і вплив в науці, співпраця і конкуренція між дослідницькими групами) [17]. Поняття «сімейна подібність» означає, що різні дисципліни наук можна уподібнити до членів однієї родини: вони мають набір спільних рис (категорій), але співвідношення цих рис різне, і жодна окрема риса не є обов'язковою для всіх дисциплін. Наприклад, експеримент як метод притаманний хімії чи біології, проте в астрономії прямий експеримент неможливий – це не заперечує науковості астрономії, оскільки вона спирається на інші методи (спостереження, моделювання), а її знання все одно проходять через ті самі «фільтри» наукової надійності (перевірка даних, підтвердження теорій, рецензування тощо) [11]. Отже, FRA пропонує більш всеосяжне уявлення про природу науки, яке охоплює і епістемічні, і соціальні виміри наукової діяльності, та відображає як універсальні риси науки, так і специфіку окремих дисциплін.

Досвід досліджень чітко свідчить: розуміння природи науки не формується автоматично лише через виконання лабораторних робіт чи проєктів, якщо не зробити цей аспект предметом окремої уваги. Найефективніше учні засвоюють NOS при цілеспрямованому, явному й рефлексивному навчанні цьому компоненту, а не імпліцитно через саме лише «занурення» в діяльність [20]. Тобто викладання повинно прямо акцентувати увагу на характері науки і спонукати учнів до роздумів про те, як вони отримують знання в ході навчальних досліджень.

Явний підхід до навчання NOS означає, що вчитель вводить поняття про природу науки окремо, відверто обговорює їх з учнями, а не розраховує на те, що ті здогадаються про них самотійно. *Рефлексивність* означає залучення учнів до аналізу власної діяльності та знань: наприклад, після виконання експерименту учитель організовує дискусію, в якій питає, що учні робили як «вчені», чому вони довіряють отриманим результатам, як сформували висновки, яких правил дотримувалися, і як це ілюструє процес породження наукового знання. Такі обговорення допомагають зробити невидимі аспекти науки – видимими для учнів, сприяючи переносу їхнього досвіду практичної роботи в площину усвідомлених понять про NOS.

Впроваджувати NOS-орієнтоване навчання можна різними шляхами. Один підхід – інтеграція елементів NOS у контекст навчальних досліджень (inquiry). Замість того, щоб викладати природу науки ізольовано, вчитель включає обговорення NOS у практичні завдання з біології, хімії, фізики тощо. Приміром, учні проводять дослід з фізики, а потім класом аналізують, як цей процес відображає науковий метод, які висновки можна зробити про перевірку гіпотез, роль експерименту, значення повторюваності даних, чи були отримані результати очікуваними або несподіваними і чому. Така інтеграція підкреслює зв'язок між змістом науки і її «мета змістом» – природою наукового пізнання. Дослідження показали, що подібна інтегрована стратегія ефективна за умови, що NOS компоненти пропрацьовуються явно: якщо ключові ідеї про природу науки не обговорюються явно в рамках дослідницької роботи, то уявлення учнів залишаються несформованими [28]. Отже, оптимально поєднувати дослідницьке навчання з рефлексивним аналізом аспектів NOS.

Інший підхід – використання спеціальних прийомів і матеріалів, присвячених виключно NOS, з подальшим перенесенням отриманих ідей на звичайні уроки. Такі «явні» вставки можуть включати історичні кейси, рольові ігри чи дискусії про науку. Наприклад, учитель може запропонувати учням розібрати історію відомого наукового відкриття (скажімо, структури ДНК) і поставити питання: як ученим вдалося дійти згоди, які дані були доступні, яку роль відіграла уява в побудові моделей, чи відразу спільнота прийняла нову теорію тощо. Аналізуючи ці питання, учні вчать бачити живий «образ науки» за фактами, розуміти, що знання створюється людьми в певних умовах і на основі інтерпретації доказів (а не просто «відкривається» у готовому вигляді). Історичний підхід давно рекомендований у методиці викладання NOS [8], адже дає змогу проілюструвати багато аспектів науки на реальних прикладах. Важливо, щоб вчитель при цьому підводив учнів до узагальнень – які саме риси природи науки демонструє цей випадок і як це пов'язано з сучасною наукою.

Крім історичних екскурсів, для розвитку розуміння NOS можна використовувати міждисциплінарні проблемні теми, що поєднують науку із соціальними та етичними питаннями. Такі *соціально-наукові проблеми* (socio-scientific issues), як-от зміна клімату, вакцинація, використання генетично модифікованих організмів, дають можливість учням не лише вивчити наукові факти, але й побачити на практиці роль науки у суспільстві і механізми наукових дебатів. Обговорюючи, як наукові дані використовуються для вирішення цих проблем, як вчені досягають консенсусу або чому існують розбіжності, учні

краще усвідомлюють природу науки (наприклад, розуміють, що наукова невизначеність не означає «неправильність» науки, а відображає відкритий процес дослідження, що доказовість є критерієм прийняття рішень, але цінності теж можуть впливати на інтерпретацію даних тощо). Залучення NOS до таких міждисциплінарних тем підсилює формування наукової грамотності і громадянської компетентності учнів [8]. Адже мета навчання природи науки – не тільки підготувати майбутніх учених, а й виховати громадян, здатних критично мислити і робити обґрунтовані висновки щодо науково обумовлених питань у суспільстві.

Як і будь-який навчальний результат, сформованість уявлень про природу науки потребує оцінювання – як для дослідницьких цілей (моніторингу ефективності методик), так і в освітньому процесі (для діагностики та розвитку розуміння учнів). Проте оцінювання NOS суттєво відрізняється від перевірки фактологічних знань з наук, адже стосується концептуальних і навіть світоглядних установок учнів щодо науки. Тому для його реалізації розроблено спеціальні інструменти та підходи.

Один з найпоширеніших дослідницьких інструментів – опитувальник *VNOS (Views of Nature of Science)*, тобто «Погляди на природу науки». Він був створений групою Н. Ледермана у 1990-х роках для відкритого виявлення уявлень учнів про низку згаданих вище аспектів NOS [8]. VNOS має форму анкети з кількох відкритих запитань, наприклад:

- *«Що таке наукова теорія і чим вона відрізняється від факту чи гіпотези?»*,
- *«Чи можуть наукові твердження змінюватися з часом і чому?»*,
- *«Як ви думаєте, чи впливають особисті переконання вченого на його наукову роботу?»* тощо.

Учням пропонується письмово відповісти своїми словами; відповіді аналізуються вчителем або дослідником і співвідносяться з умовними рівнями розуміння (від «наївного» – з хибними або спрощеними уявленнями, до «інформованого» – що узгоджується з сучасними уявленнями про NOS). Існує кілька версій VNOS (A, B, C, D), адаптованих для різних вікових груп – від початкової школи до студентів університету [8]. Усі вони зосереджені на тих самих ключових аспектах природи науки, різниця лише в формулюванні питань. Методика VNOS довела свою ефективність у дослідженнях: вона дає глибоке уявлення про мислення учнів, дозволяє виявити типові альтернативні уявлення (наприклад, віру в існування єдиного «наукового методу» або впевненість, що

теорія з часом «стає» законом) та відстежувати зміни після навчальних втручань. На основі VNOS побудовано чимало досліджень, і цей інструмент постійно удосконалювався для підвищення валідності та надійності інтерпретації результатів [21].

Ще один важливий інструмент – опитувальник *VOSI/VASI (Views of Scientific Inquiry/Views About Scientific Inquiry)*, присвячений поглядам на наукове дослідження. Його було розроблено дещо пізніше, щоб доповнити VNOS, сфокусувавшись на розумінні учнями саме процесів наукового дослідження – постановки питань, збору доказів, перевірки гіпотез тощо [19]. Як показали автори методики, поняття NOS і наукового дослідження тісно пов'язані, але не тотожні, тому виникла потреба в окремому інструменті для оцінювання уявлень про дослідницьку діяльність. VOSI (перша версія) та її пізніша модифікація VASI складаються також з низки відкритих запитань, які пропонують учням поміркувати над тим, як відбувається дослідження в науці. Наприклад:

- «Як ученим спадає на думку наукове запитання для дослідження?»,
- «Чому при проведенні одного й того ж експерименту різні дослідники можуть отримати різні результати?»,
- «Що роблять науковці, якщо дані суперечать їхній гіпотезі?» тощо.

Відповіді аналізуються схожим чином, як і в VNOS, дозволяючи оцінити, наскільки учень розуміє сутність наукового дослідження (напр., чи розуміє він роль повторюваності експериментів, важливість доказів, творчий характер наукового пошуку). Розробники VASI продемонстрували належну валідність і надійність цього опитувальника [19], і наразі він використовується в багатьох дослідженнях природи науки та дослідження.

В освітній практиці оцінювання NOS може здійснюватися не лише через письмові анкети, а й у ході обговорень, проєктів та інших завдань. Досвідчені вчителі виробляють різні стратегії: хтось використовує методики малювання (учням пропонують намалювати вченого за роботою і потім аналізують деталі малюнку), хтось проводить інтерв'ю з учнями про їхні погляди, інші інтегрують питання про NOS у тестові завдання з предмету [6]. Наприклад, у контрольній роботі з хімії можуть бути такі питання: «Як би ви пояснили молодшому школяреві, чому два вчені, незалежно досліджуючи одну проблему, можуть дійти різних результатів?». Відповідаючи на них, учні мимоволі демонструють свої установки щодо природи науки (чи розуміють вони роль припущень, різних методів, вплив інтерпретації тощо). У початковій школі вчителі іноді оцінюють уявлення дітей про науку через їхні висловлювання або спостереження за їхньою

поведінкою у дослідницьких іграх (чи поводяться вони як «маленькі дослідники», чи ставлять запитання, чи розуміють, що відповідь потребує перевірки тощо). У будь-якому разі, оцінювання NOS варто розглядати передусім як *формувальне*, діагностичне: його мета – виявити, які аспекти природи науки учні вже розуміють добре, а над якими ще слід попрацювати. На основі таких діагностичних даних учитель може скоригувати подальше навчання: наприклад, якщо з відповідей видно, що учні вважають наукові теорії непохитними фактами, то запланувати додаткове заняття, де продемонструвати історичні зміни теорій, або якщо учні не розуміють ролі творчості – дати творче завдання і обговорити його значення у науці. Таким чином, оцінювання розуміння природи науки є необхідним елементом навчального циклу, що дозволяє підвищувати ефективність освіти і наближати її до сформування посправжньому наукового світогляду в учнів.

4.3. Перспективні напрями наукової освіти України в умовах постійної воєнної загрози (на наступні 10 років)

Цифрова стійкість та дистанційне навчання. Війна прискорила цифрову трансформацію освіти, тож пріоритетом є розвиток стійкої цифрової інфраструктури для навчання. Україна вже розпочала масштабний розподіл техніки та інтернет-ресурсів: з 2022 року було передано понад 260 тисяч цифрових пристроїв учням і вчителям, а також створено 300+ цифрових освітніх центрів із доступом до швидкісного інтернету, навчальних матеріалів та навіть психологічної підтримки [15]. Налагоджено платформи онлайн-навчання: зокрема, «Всеукраїнська школа онлайн» зараз налічує ~900 000 зареєстрованих користувачів (включно з українськими дітьми-біженцями за кордоном) і пропонує понад 5 000 відеоуроків та 100+ курсів [15]. Протягом найближчого десятиліття планується забезпечити школярів необхідними гаджетами (мета – 1 пристрій на 3 учнів як проміжний стандарт) та якісним інтернет-зв'язком навіть в умовах можливих перебоїв енергопостачання [1]. Це дозволить швидко переключатися на дистанційне або змішане навчання під час небезпеки, мінімізуючи перерви у навчальному процесі. Одночасно держава інвестує у підвищення цифрової грамотності педагогів: з 2022 року понад 300 000 українських освітян пройшли тренінги з цифрових навичок (відповідно до європейських рамок компетентності) [15]. Цифровізація освіти таким чином стала стратегічним шляхом до стійкості та інноваційності, який узгоджується з курсом на євроінтеграцію України [15]. У підсумку, добре

розвинена цифрова екосистема освіти гарантуватиме доступ до знань для кожного учня – незалежно від місця перебування чи воєнної ситуації.

Інновації та інтеграція штучного інтелекту в освіту. В умовах воєнного стану перед освітянами постає питання: які предметні області шкільної наукової освіти слід розвивати першочергово, щоби підготувати молодь до викликів часу та забезпечити науково-технологічний поступ країни. Розглянемо окремо потенціал таких ініціатив за напрямками: STEM, прикладна наука й інженерія, оборонні технології та громадянська наука.

Експерти сходяться на думці, що інтегроване *STEM-навчання* (science, technology, engineering, mathematics) має стати наріжним каменем освітньої політики у воєнний і післявоєнний період [32]. Поєднання природничих і технічних дисциплін із набуттям практичних навичок критичного мислення та творчого вирішення проблем формує в учнів здатність адаптуватися до швидких змін і розв'язувати комплексні завдання реального життя [2]. Уряд України ще до війни затвердив Концепцію розвитку STEM-освіти (2020 р.) та план її реалізації до 2027 року, визначивши ключовою метою формування в молоді наукового світогляду, інженерних компетентностей, креативності та готовності опановувати сучасні професії. Тепер ці стратегічні завдання набули нової актуальності, адже воєнні дії в еру дронів та цифрових технологій привернули суспільну увагу до науково-технічної освіти як ніколи раніше.

Прикладна наука та інженерія виходять на передній план як пріоритетні освітні напрями. Освіта, орієнтована на практичне застосування знань, дозволяє учням бачити прямий зв'язок науки з розв'язанням нагальних проблем – від технологій безпеки до відбудови інфраструктури. В умовах постійних руйнувань і викликів учні мають опановувати навички проєктної діяльності, конструювання, програмування, щоб стати активними учасниками відновлення країни. Так, у межах реформ старшої профільної школи з 2027 року планується запровадити можливість глибокого вивчення учнями предметів на вибір, що дозволить талановитій молоді обирати інженерно-технічні та наукові спеціалізації відповідно до своїх здібностей [5]. Одночасно держава інвестує у створення сучасних шкільних лабораторій – до 2026 року заплановано відкрити понад 100 інноваційних лабораторій при школах і ліцеях, оснащених передовим обладнанням для природничих наук і технологій. Це забезпечить учням доступ до експериментальної бази, стимулюючи цікавість до фізики, хімії, біології через практику.

Не менш важливим напрямом стала *освіта в сфері оборонних технологій*. Зіткнувшись із реальною воєнною загрозою, шкільна програма в Україні доповнюється елементами національно-патріотичного і військово-технічного виховання. Зокрема, реалізується ініціатива створення в школах спеціальних осередків «Захист України», де учні здобувають базові знання з домедичної допомоги, основ безпеки, навичок самозахисту та розуміння роботи оборонних технологій [5]. Передбачається організація гуртків військово-технічного профілю, де старшокласники зможуть вивчати основи кібербезпеки, робототехніки, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) тощо. Як зазначають фахівці, масове застосування дронів у цій війні викликало підвищений інтерес молоді до інженерії і радіоелектроніки, що доцільно використати для розбудови STEM-освіти в інтересах оборони [2]. Таким чином, пріоритетом стає виховання нового покоління інженерів і науковців, здатних створювати і впроваджувати технології подвійного призначення – для військової безпеки та мирного розвитку.

Окремо слід відзначити *громадянську науку* (citizen science) як перспективний напрям залучення учнів до наукової діяльності у воєнний час. Громадянська наука означає участь широкого кола волонтерів (у тому числі школярів) у зборі даних, спостереженнях та простих дослідженнях під керівництвом науковців. В умовах перевантаженості державних служб і обмеженого доступу до багатьох територій такі проєкти стали надзвичайно корисними для країни [9]. З початком повномасштабної війни в Україні виникло кілька ініціатив громадянського моніторингу довкілля – наприклад, збір даних про забруднення води і ґрунтів, облік загинблих дельфінів у Чорному морі, інвентаризація знищених лісонасаджень тощо [3]. Участь школярів у таких проєктах не тільки допомагає науковцям отримувати цінну інформацію, але й підвищує зацікавленість учнів у науці, дає їм відчуття внеску в суспільно значущу справу. Досвід показує, що навіть в умовах конфлікту громадянська наука може стати для молоді джерелом мотивації та психологічної підтримки: залучення до корисної дослідницької діяльності сприяє подоланню почуття безсилля і відновленню ментального здоров'я учасників. Відтак, розвиток громадянської науки серед школярів – через освітні проєкти, конкурси, спрощені протоколи спостережень – є одним із пріоритетів наукової освіти під час війни.

Важливо зазначити, що держава робить ставку на розвиток *штучного інтелекту (ШІ)* – як у навчальному процесі, так і як окремої галузі знань. МОН та Мінцифри вже створюють дорожні карти з інтеграції ШІ в школах, запускають

спільні курси для вчителів («Академія ШІ» за підтримки Google тощо) та пілотовують використання AI-технологій у навчанні [22]. Планується впровадити *персоналізовані електронні помічники* – наприклад, AI-тьютора у межах освітньої екосистеми «Мрія», який зможе підлаштовувати матеріал під потреби учня [26]. Український уряд задекларував амбітну мету – увійти до трійки світових лідерів з розвитку та впровадження ШІ до 2030 року. Це означає, що в шкільних програмах з'являтимуться елементи алгоритмічного мислення, бази даних, основ штучного інтелекту; розширюватиметься мережа гуртків з програмування, робототехніки, наукових секцій Малої академії наук тощо. Через наступні 10 років така інтеграція інновацій перетворить наукову освіту на більш динамічну й сучасну, а учні набудуть компетентностей, затребуваних у відбудові країни та її високотехнологічному розвитку.

Безпечне та стійке освітнє середовище. Постійна загроза обстрілів і атак вимагає, щоб школи стали максимально безпечними для дітей. Фізична безпека – першочергова умова: навчальні заклади облаштовуються надійними укриттями, оновлюються згідно з сучасними вимогами безпеки. Уряд України вже затвердив концепцію безпечного освітнього середовища (квітень 2023 р.) і за підтримки ЮНЕСКО реалізує пілотні проєкти з удосконалення шкільної інфраструктури та навчання персоналу безпеці [35]. На початок 2023 року 71 % шкіл в Україні мали обладнані укриття для очного навчання, і ця частка зростає [18]. Протягом найближчих років очікується відновлення та ремонт сотень пошкоджених війною шкіл із урахуванням принципу «build back better» – відбудувати краще, ніж було, зробивши будівлі більш захищеними й інклюзивними. Паралельно посилюється увага до психологічної безпеки. Учителів масово готують до дій в кризових ситуаціях і надання первинної психологічної підтримки дітям. Запроваджуються програми *психосоціальної реабілітації* учнів, що пережили травматичний досвід війни. У створених освітніх хабах та центрах дітям і батькам надаються консультації психологів [15]. Шкільні програми включають компоненти емоційної грамотності, стрес-менеджменту, а також навчання мінній безпеці та правилам поведінки під час тривоги. Таким чином, школа майбутнього в Україні буде не лише місцем отримання знань, а й безпечною гаванню, де приділено увагу добробуту дитини. Це особливо важливо для формування стійкого покоління, здатного опановувати знання навіть під тиском зовнішніх загроз.

Міжнародна співпраця та готовність до глобальних викликів. Освітня стратегія України невід’ємно пов’язана з європейською та світовою інтеграцією. У післявоєнні роки держава планує відбудову і модернізацію освіти за активної участі міжнародних партнерів та донорів [18]. Вже сьогодні спільно з ЮНІСЕФ, ЮНЕСКО, Світовим банком реалізуються проєкти підтримки шкіл, забезпечення технікою, розробки онлайн-ресурсів тощо. Така співпраця продовжиться: очікується впровадження найкращих світових практик у навчальні плани, обмін досвідом з країнами ЄС, розширення програм академічних обмінів і стажувань для українських школярів та вчителів. Глобальні кризи останніх років – пандемія, зміни клімату, енергетичні та продовольчі виклики – показали важливість підготовки молодого покоління до непевного майбутнього. Тому наукова освіта буде все більше приділяти увагу сталому розвитку та екологічній грамотності. В шкільні курси інтегруються теми зміни клімату, екології, відновлюваної енергетики, а учні залучаються до проєктів з відновлення довкілля та громади. Це відповідає і цілям сталого розвитку ООН, і зобов’язанням України в рамках євроінтеграції [15]. Крім того, постійна загроза з боку росії вимагає виховання в учнів навичок критичного мислення та медіаграмотності, щоб протистояти дезінформації та пропаганді. Шкільна освіта майбутнього формуватиме громадян світу, які добре розуміють глобальні процеси і одночасно готові захищати демократичні цінності своєї країни.

Отже, в найближче десятиліття реалізація цих стратегічних напрямів – цифровізація, інновації, безпека та глобальна інтеграція – забезпечить стійкість української наукової освіти. Це дозволить навіть в умовах постійної загрози з боку агресора зберегти якість освіти, виховати покоління творчих і технічно грамотних людей та закласти основу для поступального розвитку України в повоєнний час.

4.4. Глобальні тенденції використання штучного інтелекту в освіті

Сьогодні ми живемо в епоху когнітивної трансформації, де штучний інтелект (ШІ) не просто змінює інструменти навчання – він змінює саму природу знань. Завдяки ШІ освіта стає більш персоналізованою, доступною та адаптивною: учні можуть навчатися у власному темпі, отримувати миттєвий зворотний зв’язок, а викладачі – зосереджуватися на розвитку критичного мислення, етичної чутливості та творчої самореалізації. ШІ відкриває нові горизонти для інклюзивного навчання, підтримки учнів з особливими

потребами, міждисциплінарного підходу та формування навичок майбутнього, які виходять за межі традиційної академічної моделі.

Проте ризики очевидні: галюцинації моделей, поверхневе засвоєння матеріалу, коли учень має результат, але не розуміє звідки він взявся, які алгоритми лежать в основі обчислень тощо. Згідно з дослідженням LearningMole [13], одним із головних викликів є те, що ШІ може генерувати переконливі, але хибні відповіді. Це створює ризик: засвоєння без розуміння – учень отримує результат, але не має уявлення про логіку його отримання чи джерела даних; зниження автономії мислення, якщо ШІ використовується як «чарівна паличка», а не як інструмент для розвитку. Тому критично важливо навчати учнів верифікації інформації, аналізу джерел і розуміння принципів роботи алгоритмів.

Відмова від ШІ, може тимчасово зменшити зловживання, але не вирішує глибинної проблеми. І окрім того ставить у неконкурентні умови учнів, які «віддточують» навички спілкування з ШІ відносно тих учнів, які залишаються у класичній системі освіти. Як зазначено в аналітичному огляді ІІТ Kharagpur [7], відмова від ШІ не вирішує проблеми, а лише поглиблює освітні розриви: учні, які не мають доступу до ШІ або не мають досвіду роботи з ним, опиняються в неконкурентному становищі. Водночас ті, хто вміє ставити запитання, аналізувати відповіді та адаптуватися до нових технологій, формують нову когнітивну еліту. Обмеження без критичного осмислення, глибинних педагогічних досліджень, лише консервує освітні розриви і як наслідок освітні втрати. Освіта майбутнього – це не уникнення реальності, а скоріше максимально ефективна адаптація до неї.

Звіт ЮНЕСКО «*Artificial Intelligence and Education: Guidance for Policy-makers*» [24] (2021 р.) є однією з найґрунтовніших міжнародних спроб окреслити стратегічні рамки впровадження ШІ в освітні системи. Його мета – надати урядам, освітнім інституціям і політикам практичні орієнтири щодо того, як максимально ефективно використати потенціал ШІ, водночас мінімізуючи ризики, пов'язані з етикою, нерівністю та втратами людської автономії.

У цьому звіті ЮНЕСКО розглядає ШІ як потужний інструмент, здатний прискорити прогрес у досягненні Цілі сталого розвитку 4 (SDG 4) – забезпечення інклюзивної, справедливої та якісної освіти для всіх. Але цей потенціал, як наголошується у звіті, може бути реалізований лише за умови дотримання трьох фундаментальних принципів: інклюзивності, етичності та людського контролю.

Інакше ІІІ ризикує стати не засобом розширення можливостей, а джерелом нових освітніх нерівностей.

Щоб обґрунтувати свої рекомендації, автори звіту – серед яких провідні експерти з цифрової освіти, включно з Фенгчуном Мяо (анг. Fengchun Miao) та Вейном Холмсом (анг. Wayne Holmes), Ронгуай Хуанг (анг. Ronghuai Huang) та Хуї Жанг (анг. Hui Zhang) – провели масштабний аналіз понад сорока національних стратегій, політик і практик, пов'язаних із впровадженням ІІІ в освітні системи. Вони також спиралися на висновки міжнародної конференції Beijing Consensus on AI and Education, яка стала платформою для міжурядового діалогу щодо етичного використання ІІІ в навчанні.

У звіті описано, як саме ІІІ вже використовується в освіті: від адаптивного навчання, яке підлаштовується під темп і стиль учня, до автоматизованого оцінювання, яке дозволяє зменшити навантаження на вчителів. Проте автори наголошують, що технологічна ефективність не повинна затьмарювати педагогічну глибину. Якщо учень отримує відповідь, але не розуміє, як вона була сформована, – це не навчання, а ілюзія знання.

Саме тому ЮНЕСКО закликає до формування нових освітніх компетентностей, які виходять за межі цифрової грамотності. Учні мають не просто вміти користуватися ІІІ – вони повинні розуміти, як працюють алгоритми, які дані використовуються, як приймаються рішення, і які етичні ризики це породжує. У звіті йдеться про необхідність розвитку алгоритмічного мислення, етичної чутливості та соціальної відповідальності – тобто здатності критично осмислювати технології, а не лише споживати їх.

Окрему увагу ЮНЕСКО приділяє ролі вчителя. ІІІ не має замінювати педагога, а навпаки – розширювати його можливості. Вчитель залишається ключовою фігурою, яка забезпечує емоційний зв'язок, мотивацію, моральну орієнтацію та контекстуалізацію знань. Тому політики мають не лише інвестувати в технології, але й у професійний розвиток освітян, які зможуть ефективно інтегрувати ІІІ у навчальний процес.

Звіт також пропонує три моделі політичного реагування: незалежну (створення окремої стратегії для ІІІ в освіті), інтегровану (включення ІІІ у загальну цифрову стратегію) та тематичну (фокус на окремих аспектах, як-от STEM чи інклюзія). ЮНЕСКО рекомендує комбінований підхід, адаптований до національного контексту, з урахуванням культурних, економічних і технологічних особливостей.

У підсумку, звіт ЮНЕСКО – це не просто технічний документ, а заклик до етичного лідерства в освіті. Він пропонує бачення, в якому ШІ не замінює людину, а допомагає їй мислити глибше, діяти відповідальніше і навчатися усвідомлено.

Ці тези отримали подальший розвиток у спеціальному звіті ЮНЕСКО 2023 року, присвяченому генеративному ШІ «*Guidance for generative AI in education and research*» [23]. У ньому організація підкреслює, що поява моделей, здатних створювати тексти, зображення, коди та інші форми контенту, змінює не лише інструменти навчання, а й саму природу знання. Генеративний ШІ ставить під сумнів традиційні уявлення про авторство, оригінальність, джерела інформації – і, відповідно, вимагає перегляду освітніх підходів.

Зокрема, ЮНЕСКО наголошує на необхідності переосмислення системи оцінювання. Якщо учень може за лічені секунди отримати есе чи розв'язок задачі, то акцент має зміститися з результату на процес мислення, аргументацію, здатність до рефлексії. Також під загрозою опиняється академічна доброчесність, що потребує нових форм етичного обґрунтування, а не лише заборон і перевірок. У звіті зазначено, що генеративний ШІ «змінює не лише те, як ми навчаємо, а й що ми вважаємо знанням». Якщо знання більше не є унікальним продуктом людського мислення, а може бути згенероване алгоритмічно, то цінність набуває не сам текст, а здатність учня працювати з ним: ставити уточнюючі запитання, перевіряти джерела, адаптувати до контексту, виявляти етичні ризики.

ЮНЕСКО також наголошує, що академічна доброчесність не може більше базуватися лише на заборонах. Замість того, щоб карати за використання ШІ, освітні системи мають навчати відповідального, прозорого і критичного використання. Це включає вміння пояснити, як саме ШІ допоміг у створенні роботи, які частини були змінені, і чому учень вважає їх релевантними.

Окрему увагу звіт приділяє ролі вчителя. У світі генеративного ШІ педагог стає не джерелом знань, а фасилітатором мислення, наставником у навігації складними інформаційними потоками. Це вимагає нових компетентностей, зокрема в галузі цифрової етики, критичного аналізу технологій та міждисциплінарного підходу до навчання.

Таким чином, ЮНЕСКО пропонує не просто інтегрувати ШІ в освіту, а перебудувати освітню екосистему – з урахуванням нових форм знання, нових викликів і нових можливостей.

Звіт ALLEA (All European Academies) «*Artificial intelligence in science in the EU*» [29] є ключовим документом, який формує європейське бачення етичного впровадження штучного інтелекту в науку, освіту та суспільство загалом. Звіт підготовлений у межах механізму SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies) і є результатом масштабного міждисциплінарного огляду, який охоплює наукові, освітні, етичні та політичні аспекти впровадження ШІ в наукову практику. Його мета – надати Європейській Комісії обґрунтовані рекомендації щодо відповідального, прозорого та сталого використання ШІ в науці та освіті.

Звіт базується на міждисциплінарному огляді понад 280 джерел, включно з науковими публікаціями, політичними документами, експертними інтерв'ю та консультаціями з науковцями від академій наук країн Європейського Союзу. До аналізу були залучені представники з Німеччини, Франції, Нідерландів, Польщі, Італії, Іспанії, Швеції, Ірландії, Чехії, Угорщини, країн Балтії та інших країн. Така широка географія дозволила врахувати різноманітні моделі наукової організації, цифрової трансформації та освітньої політики.

У центрі уваги звіту – не лише технічні аспекти ШІ, а й його вплив на наукову етику, академічну доброчесність, структуру дослідницької кар'єри та освітні традиції. Автори підкреслюють, що ШІ вже активно використовується в науці – для автоматизації аналізу даних, моделювання складних систем, прискорення відкриттів. Проте доступ до цих технологій є нерівномірним: великі інституції та організації мають ресурси для інтеграції потужних моделей, тоді як малі – часто залишаються осторонь.

Одним із головних викликів, зафіксованих у звіті, є втрата прозорості алгоритмів. Дослідники нерідко користуються інструментами, не маючи повного уявлення про те, як працюють моделі, які дані вони використовують і які обмеження мають. Це створює ризики для достовірності результатів, відтворюваності досліджень і довіри до науки загалом.

У цьому контексті ALLEA наполягає на необхідності етичної рамки, яка забезпечить підзвітність алгоритмів, прозорість моделей і збереження людської автономії. Звіт закликає освітні та наукові інституції розвивати цифрову етику як частину освітньої культури, а не як технічний додаток. Це означає, що етичні питання мають бути інтегровані в навчальні програми, професійну підготовку дослідників, внутрішні політики університетів і наукових центрів.

Окрему увагу у звіті приділено впливу ШІ на освітнє середовище. Автори наголошують, що освітні інституції мають перейти від реактивного регулювання

до проактивного етичного лідерства. Це включає створення внутрішніх етичних кодексів, проведення тренінгів для освітян з алгоритмічної грамотності, формування міждисциплінарних команд, які об'єднують педагогів, етиків, технічних фахівців і дослідників.

У підсумку, звіт ALLEA пропонує не просто набір рекомендацій, а концептуальну модель співіснування з ШІ, де технологія не витісняє людину, а допомагає їй мислити глибше, діяти відповідальніше і навчати усвідомлено. Звіт Microsoft Education – «*AI in Education Report*» [25] (2025 р.) є одним із найгрунтовніших міжнародних досліджень, присвячених впровадженню штучного інтелекту в освітні системи. Його мета – не просто зафіксувати рівень використання ШІ у школах і університетах, а глибше осмислити, як саме технології змінюють педагогіку, ролі учасників освітнього процесу та саму природу навчання.

Звіт охоплює понад 10 000 респондентів із різних країн – включно з США, Великою Британією, Німеччиною, Індією, Бразилією, Південною Африкою та Австралією. Це дозволило сформувати глобальну картину того, як освітні організації адаптуються до генеративного ШІ, які бар'єри виникають, і які навички стають критично важливими для вчителів і учнів.

Одним із найвражаючих висновків є те, що 86 % освітніх організацій вже використовують генеративний ШІ. Це свідчить про стрімке проникнення таких інструментів, як ChatGPT, Copilot, Bard, у навчальні середовища. ШІ застосовується для створення навчального контенту, автоматизованого оцінювання, адаптивного навчання, підтримки учнів з особливими потребами, а також для оптимізації адміністративних процесів.

Однак паралельно з цим зростанням виявлено суттєвий розрив у підготовці педагогів: лише 45 % освітян пройшли базове навчання з ШІ. Це означає, що більшість вчителів користуються технологіями інтуїтивно, без глибокого розуміння принципів роботи моделей, етичних ризиків чи педагогічних стратегій інтеграції. Така ситуація створює ризики поверхневого використання ШІ, втрати автономії мислення учнів і зниження якості навчального процесу.

У відповідь на ці виклики Microsoft вводить поняття *AI fluency* – нової освітньої компетентності, яка охоплює не лише технічну грамотність, а й здатність критично мислити, етично взаємодіяти з ШІ, формулювати запити, аналізувати відповіді, перевіряти джерела та адаптувати інструменти до навчального контексту. Звіт наголошує, що AI fluency має стати базовою

навичкою для всіх учасників освітнього процесу – від учнів до керівників закладів.

Окремий розділ звіту присвячено практичним кейсам – прикладам з реальних шкіл і університетів, які вже інтегрували ШІ у навчання. Наприклад, деякі школи використовують генеративні моделі для створення індивідуальних навчальних маршрутів, а університети – для підтримки студентів у написанні наукових робіт, з одночасним навчанням етичного використання ШІ. Також описано, як ШІ допомагає учням з порушеннями мовлення, зору чи моторики – через адаптивні інтерфейси та голосові помічники.

Звіт завершується стратегічними рекомендаціями для освітніх лідерів. Microsoft пропонує створювати внутрішні політики етичного використання ШІ, інвестувати в професійний розвиток педагогів, впроваджувати курси на кшталт AI for Educators, а також формувати міждисциплінарні команди, які поєднують педагогічну експертизу з технологічною.

У підсумку, AI in Education Report (2025 р.) – це не просто статистика, а дорожня карта для освітньої трансформації. Він показує, що ШІ – це не тимчасовий тренд, а нова реальність, до якої потрібно адаптуватися стратегічно, етично і педагогічно виважено.

Звіт Stanford HAI – «*Artificial Intelligence Index Report*» [30] (2025 р.) є одним із найавторитетніших щорічних оглядів, що системно аналізує стан, динаміку та вплив ШІ на глобальному рівні. Підготовлений командою дослідників з Стенфордського інституту людськоцентричного штучного інтелекту (анг. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence). Цей інститут був заснований у 2019 році в Стенфордському університеті з метою просування досліджень, освіти та політики у сфері ШІ, які орієнтовані на покращення людського життя. Його місія – розвивати технології, які не замінюють людину, а доповнюють її можливості, зберігаючи етичні принципи, прозорість і соціальну відповідальність.

У 2025 році звіт охоплює 12 ключових доменів: від технічної продуктивності моделей і наукових публікацій – до етики, освіти, економіки, регулювання та громадської думки. Його структура побудована на глибокому аналізі даних з понад 50 країн, включно з США, Китаєм, країнами ЄС, Індією, Японією та Бразилією. Звіт базується на відкритих джерелах, базах патентів, інвестиційних звітах, академічних публікаціях, а також на даних від провідних технологічних компаній.

Одним із головних висновків є те, що ШІ продовжує демонструвати стрімке зростання продуктивності. У 2024 році нові бенчмарки – MMMU, GPQA та SWE-bench¹ – показали значне покращення: моделі підвищили точність на 18.8 %, 48.9 % і 67.3 % відповідно. Це свідчить про те, що сучасні системи не лише навчаються краще, а й починають перевершувати людські показники у вузьких спеціалізованих завданнях, зокрема в програмуванні та генерації відео.

Звіт також фіксує, що ШІ дедалі глибше інтегрується в повсякденне життя. Наприклад, у 2023 році FDA² (анг. U.S. Food and Drug Administration) схвалила 223 медичних пристроїв з елементами ШІ – порівняно з лише шістьма у 2015 році. У транспортній сфері автономні автомобілі вже не є експериментом: Waymo щотижня здійснює понад 150 000 поїздок у США, а китайська платформа Apollo Go обслуговує десятки міст.

У бізнес-секторі інвестиції в ШІ досягли рекордного рівня. У 2024 році приватні інвестиції в США сягнули \$109.1 млрд – це майже в 12 разів більше, ніж у Китаї, і в 24 рази більше, ніж у Великій Британії. Особливо активно зростає сегмент генеративного ШІ, який залучив \$33.9 млрд – на 18.7 % більше, ніж у попередньому році. При цьому 78 % організацій повідомили про активне використання ШІ у своїй діяльності, що свідчить про його перехід із лабораторій

Окремий розділ звіту присвячено освіті та навичкам майбутнього. Автори зазначають, що ШІ не лише трансформує зміст навчання, а й змінює саму структуру освітніх систем. Зростає попит на *AI fluency* – здатність критично працювати з алгоритмами, розуміти їхню логіку, етично взаємодіяти з моделями. Водночас виникає потреба в нових формах оцінювання, академічної доброчесності та міждисциплінарного навчання.

Цікаво, що хоча США продовжують лідирувати за кількістю створених моделей (40 у 2024 році), Китай стрімко скорочує розрив у якості. Різниця в продуктивності на ключових бенчмарках – таких як MMLU та HumanEval – зменшилася з двозначних показників у 2023 році до майже паритету в 2024-му.

¹ Бенчмарки – MMMU (Massive Multi-discipline Multimodal Understanding), GPQA (Graduate-Level Physics Question Answering) та SWE-bench (Software Engineering Benchmark) – були запроваджені у 2023–2024 роках як нове покоління тестів для оцінки здатності штучного інтелекту до складного, багатогалузевого мислення. Вони стали відповіддю на те, що традиційні бенчмарки (як-от MMLU чи HumanEval) вже не повністю відображають реальні виклики, з якими стикаються сучасні моделі ШІ.

² FDA – це Управління з контролю за продуктами і ліками США (U.S. Food and Drug Administration), федеральне агентство, яке відповідає за регулювання медичних продуктів, ліків, харчових добавок, косметики, вакцин, біотехнологій і медичних пристроїв. У контексті штучного інтелекту FDA відіграє ключову роль у перевірці, сертифікації та дозволі на використання медичних пристроїв, що містять алгоритми ШІ.

Це свідчить про глобальну конкуренцію не лише за технології, а й за освітні та дослідницькі ресурси.

У підсумку, AI Index Report 2025 – стратегічний інструмент, який дозволяє оцінити, куди рухається ШІ, які ризики виникають, і як освіта має адаптуватися до нової реальності.

У вересні 2024 року Гарвардська школа вищої освіти (анг. Harvard Graduate School of Education) опублікувала статтю «Students Are Using AI Already. Here's What They Think Adults Should Know» [27], яка стала публічним оглядом ключових висновків масштабного дослідження «*Teen and Young Adult Perspectives on Generative AI*» [16]. Це дослідження було проведено у співпраці між Center for Digital Thriving – дослідницький центр при Гарвардській школі вищої освіти (Harvard Graduate School of Education); Common Sense Media – ГО, яка займається захистом дітей і молоді в цифровому середовищі та Hopelab – ГО, що поєднує науку, дизайн і технології для підтримки психічного здоров'я молоді. У цьому огляді вказано, що молодь вже активно використовує генеративний ШІ – не лише як інструмент для навчання, а як засіб самовираження, планування, пошуку підтримки та навіть емоційної навігації. Понад 1500 підлітків віком 13–17 років поділилися своїми думками про те, що вони хотіли б, щоб дорослі знали про їхню взаємодію з ШІ. Відповіді виявилися глибокими, критичними і часто етично вмотивованими. Це перше у США дослідження, яке зосереджене саме на голосі молоді щодо генеративного ШІ – не як об'єкта політики, а як активного суб'єкта цифрової культури.

Звіт охоплює понад 2700 респондентів віком 13–22 років. Серед ключових висновків: 51 % молодих людей вже використовували генеративний ШІ, хоча лише 4 % – щоденно; найпоширеніші цілі: отримання інформації (53 %), мозковий штурм (51 %), допомога з навчанням (46 %), створення зображень (31 %), написання коду (15 %); молодь із Black та Latinx спільнот використовує ШІ активніше, зокрема для навчання, роботи, творчості; LGBTQ+ респонденти частіше висловлюють занепокоєння щодо негативного впливу ШІ – через ризики дискримінації, втрати приватності, заміщення творчих професій.

Звіт також аналізує причини, чому деякі молоді люди не використовують ШІ: 34 % вважають, що він не буде корисним; 24 % асоціюють його зі списуванням; 22 % стурбовані втручанням у приватність; 20 % не знали про існування таких інструментів.

Найбільш вражаючий розділ – це відкриті відповіді на запитання: «Що ви хочете, щоб дорослі знали про ваше використання ШІ?». Респондент говорить про ШІ як про простір для творчості, самовираження, пошуку підтримки, але також як про джерело страхів – втрати роботи, фальсифікації інформації, етичної нестабільності. У підсумку, звіт створює етичну рамку для діалогу між поколіннями.

У контексті української освіти, впровадження штучного інтелекту відкриває не лише технологічні можливості, а й глибокі педагогічні та етичні виклики. Міжнародні звіти – зокрема дослідження ЮНЕСКО, Stanford HAI, ALLEA, Microsoft Education та Гарвардського університету – можуть стати для нас не просто джерелом натхнення, а орієнтиром для формування власної освітньої політики, адаптованої до національного контексту. Вони пропонують перевірені рамки: як оцінювати знання в епоху генеративного ШІ, як зберігати академічну доброчесність, як формувати цифрову етику не як додаток, а як частину освітньої культури.

Ці міжнародні підходи вже знаходять відгук в українських дослідницьких практиках. Зокрема, у межах національного дослідження, результати, якого оприлюднені у статті «Teachers' and Students' Attitudes Towards the use of Artificial Intelligence: All-ukrainian Research» [12] (2023 p.), було опитано понад 1700 педагогів і 1400 учнів. Результати показали, що ШІ активно використовується в навчанні, особливо серед старшокласників, і сприймається як інструмент самостійного розвитку. Водночас вчителі визнають потенціал ШІ у створенні тестів, відстеженні прогресу учнів та розробці творчих завдань, але висловлюють занепокоєння щодо етики, приватності та академічної доброчесності. Це підтверджує: для України важливо не просто імпортувати технології, а проводити власні дослідження, розробляти власну модель етичного, інклюзивного і ефективного використання ШІ в освіті – спираючись на глобальні стандарти, але враховуючи локальні потреби, культурні контексти та виклики воєнного часу.

Список використаних джерел

1. Бойко А. Як штучний інтелект інтегрують в українську освіту. Розбираємо плани Мінцифри, МОН та ключові ризики [Електронний ресурс]. 22.04.2025. *DOU*. Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/articles/ai-in-the-ukrainian-education-2025/>.

2. Демедюк Ю. Виклики та можливості STEM-освіти в Україні в умовах війни [Електронний ресурс]. 26.09.2023. ЛІГА. Блоги. Режим доступу: <https://blog.liga.net/user/yudemediuk/article/vikliki-ta-mojlivosti-stem-osviti-v-ukraini-v-umovah-viyni>.
3. Козак О., Свеженцева І., Болдирєв О., Шаванова К. Використання громадянської науки в умовах війн, криз та катастроф [Біла книга], [Електронний ресурс]. Січень 2024. Проект «Наука в небезпеці». Режим доступу: <https://scienceatrisk.org/storage/lp/111/15afeb7dab8c2cd012b269342a225d7081144f0a.pdf>.
4. Радченко О., Лісничий В., Гончар А., Миненко О. Наукова освіта як ключова парадигма сталого розвитку України. *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2022. № 2. С. 67–75. DOI: 10.32405/2413-4139-2020-2(29)-67-75.
5. Трачук М. Освіта в Україні в умовах війни: від кризи до перспектив [Електронний ресурс]. 05.09.2025. UA.NEWS. Режим доступу: <https://ua.news/ua/ukraine/osvita-v-ukrayini-v-umovakh-viini-vid-krizi-do-perspektiv>.
6. Akerson V. L., Cullen T. A., Hanson D. L. Experienced teachers' strategies for assessing nature of science conceptions in the elementary classroom. *Journal of Science Teacher Education*. 2010. Vol. 21(6). P. 723–745. DOI: 10.1007/s10972-010-9208-x.
7. Ali M. G. Artificial Intelligence in Higher Education: Benefits and Risks (Research review paper) (ERIC No. ED672516) [Електронний ресурс]. 05.05.2025. ERIC. Режим доступу: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED672516.pdf>.
8. Ayala-Villamil L.-A., García-Martínez Á. VNOS: A historical review of an instrument on the nature of science. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*. 2021. Vol. 17(2). e2238. DOI: 10.21601/ijese/9340.
9. Babanina I. The GROMADA project: Citizen science for environmental protection and accountability in Ukraine [Електронний ресурс]. 19.03.2025. CEOBS. Режим доступу: <https://ceobs.org/the-gromada-project-citizen-science-for-environmental-protection-and-accountability-in-ukraine/>.
10. Barak M. Family Resemblance Approach in Science Education. *Science & Education*. 2023. Vol. 32. P. 1221–1225. DOI: 10.1007/s11191-023-00456-1.
11. Cheung K. K. C., Erduran S. A Systematic Review of Research on Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. *Science Education (Dordrecht)*. 2022. P. 1–37. DOI: 10.1007/s11191-022-00379-3.
12. Dovgyi S., Babiichuk S., Davybida L., Biletska M. Teachers' and students' attitudes towards the use of artificial intelligence: All-Ukrainian research. *Information*

Technologies and Learning Tools. 2024. Vol. 104(6). P. 197–215. Режим доступу: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5890>.

13. Elwan Y. Artificial Intelligence in Education [Електронний ресурс]. 11.06.2025. *LearningMole*. Режим доступу: <https://learningmole.com/artificial-intelligence-in-education/>.

14. European Union. Sustainable development (LEGISSUM) [Електронний ресурс]. *EUR-Lex*. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=LEGISSUM:sustainable_development.

15. Eurydice Unit Ukraine. Ukraine: Digital transformation of education as a strategic path to resilience and innovation [Електронний ресурс]. 28.03.2025. Режим доступу: <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/news/ukraine-digital-transformation-education-strategic-path-resilience-and-innovation>.

16. Hopelab; Common Sense Media; Center for Digital Thriving at Harvard Graduate School of Education. *Teen and young adult perspectives on generative AI: Patterns of use, excitements, and concerns* [Електронний ресурс]. 03.06.2024. Режим доступу: <https://digitalthriving.gse.harvard.edu/wp-content/uploads/2024/06/Teen-and-Young-Adult-Perspectives-on-Generative-AI.pdf>.

17. Kaya E., Erduran S. From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science & Education*. 2016. Vol. 25, № 9–10. P. 1115–1133. Режим доступу: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1133874>.

18. Kazachkova N. STEM education in Ukraine [Електронний ресурс]. 24.07.2023. *Science on Stage Europe*. Режим доступу: <https://www.science-on-stage.eu/news/stem-education-ukraine>.

19. Lederman J. S., Lederman N. G., Bartos S. A. et al. Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry – The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*. 2014. Vol. 51, № 1. P. 65–83.

20. Lederman N. G. Research on nature of science: Reflections on the past, anticipations of the future [Foreword]. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 2006. Vol. 7(1). Режим доступу: https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v7_issue1_files/foreword.pdf.

21. Lederman N. G., Abd-El-Khalick F., Bell R. L., Schwartz R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 2002. Vol. 39, № 6. P. 497–521.

22. Lubkova M. Developing STEM and educational innovations amid war [Електронний ресурс]. 05.09.2023. *UNDP in Ukraine*. Режим доступу: <https://www.undp.org/ukraine/stories/developing-stem-and-educational-innovations-amid-war>.
23. Miao F., Holmes W., Huang R., Zhang H. AI and education: Guidance for policy-makers [Електронний ресурс]. 11.01.2021. *UNESCO*. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-guidance-policy-makers>.
24. Miao F., Holmes W. et al. Guidance for generative AI in education and research (Report No. UNESCO pf0000386693) [Електронний ресурс]. 2023. *UNESCO*. Режим доступу: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>.
25. Microsoft Education Team. AI in Education Report: Insights to support teaching and learning [Електронний ресурс]. 20.08.2025. *Microsoft*. Режим доступу: <https://www.microsoft.com/en-us/education/blog/2025/08/ai-in-education-report-insights-to-support-teaching-and-learning/>.
26. Mukhina O. Ukraine's AI Factory sets course for global top 3 by 2030 [Електронний ресурс]. 07.08.2025. *Euromaidan Press*. Режим доступу: <https://euromaidanpress.com/2025/08/07/ukraines-ai-factory-sets-course-for-global-top-3-by-2030>.
27. Nagelhout R. Students are using AI already. Here's what they think adults should know [Електронний ресурс]. 10.09.2024. *Harvard Graduate School of Education*. Режим доступу: <https://www.gse.harvard.edu/ideas/usable-knowledge/24/09/students-are-using-ai-already-heres-what-they-think-adults-should-know>.
28. Namakula E. K., Akerson V. L. Explicit incorporation of the nature of science (NOS) in an undergraduate preservice teacher science content course: Action research. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*. 2024. Vol. 10, № 2. P. 241–278. DOI: 10.46328/ijres.3354.
29. Scientific Advice Mechanism; Directorate-General for Research and Innovation; Group of Chief Scientific Advisors. *Successful and timely uptake of artificial intelligence in science in the EU: Evidence review report (Catalogue No. KI-09-24-456-EN-N)* [Електронний ресурс]. 2024. DOI: 10.2777/46863..
30. Stanford University. *AI Index Report 2025* / Institute for Human-Centered AI [Електронний ресурс]. April 2025. Режим доступу: https://hai.stanford.edu/assets/files/hai_ai_index_report_2025.pdf.

31. The World Academy of Sciences (TWAS). 2023: Science is key to sustainable development [Електронний ресурс]. 30.08.2024. Режим доступу: <https://twas.org/article/2023-science-key-sustainable-development>.
32. Tkach B. Challenges for STEM Education in the Conditions of the Russian-Ukrainian War / B. Tkach, V. Lunov, V. Pavlieiev [Електронний ресурс]. 25.04.2023. DOI: 10.2139/ssrn.4428410.
33. UNESCO. How science can help to create a sustainable world [Електронний ресурс]. 08.04.2016. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/articles/how-science-can-help-create-sustainable-world>.
34. UNESCO. International Year of Basic Sciences for Sustainable Development [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/years/basic-sciences>.
35. UNESCO. Learning amid war: How UNESCO makes Ukrainian schools safer for children and teachers [Електронний ресурс]. 08.09.2025. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/articles/learning-amid-war-how-unesco-makes-ukrainian-schools-safer-children-and-teachers>.
36. UNESCO. What you need to know about education for sustainable development [Електронний ресурс]. 23.10.2024. Режим доступу: <https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know>.
37. Van Eijck M., Roth W.-M. Improving Science Education for Sustainable Development. *PLoS Biol.* 2007. Vol. 5, № 12. e306. DOI: 10.1371/journal.pbio.0050306.

Виробничо-практичне видання

КОВАЛЬОВА Оксана Анатоліївна,
БАБІЙЧУК Світлана Миколаївна,
БУРЛАСНКО Тетяна Іванівна

**НАУКОВА ОСВІТА: РЕТРОСПЕКТИВА,
СУЧАСНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВА**

Посібник

Укладач: Оксана Ковальова

Комп'ютерний дизайн і верстка: Олена Онопченко

Ілюстрація на обкладинці: створена за допомогою штучного інтелекту

Підписано до опублікування 29.10.2025 р.

Електронне видання.

Формат 60x84 1/16. Умов.-друк. арк. 7,32.

Інститут обдарованої дитини НАПН України
04053, вул. Січових Стрільців, 52-Д, м. Київ, Україна
тел./факс: (044) 481-27-02

E-mail: iod.napn@ukr.net, iod@iod.gov.ua

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої справи
Серія ДК № 6081 від 14.03.2018 р.