

– early 20th centuries)]. Naukovi zapysky. Seriya: Pedahohichni nauky. Kropyvnyts'kyu: TSDU im. V. Vynnychenka. 217. 69-73. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-217-69-73> [in Ukrainian]

10. Chepil, M. M. (2010). Narodno-pedahohichni zasady vykhovannya ditey v ukraïns'kyi sim'yi (kinets' XIX – persha tretyna XX st.) [Folk pedagogical principles of raising children in the Ukrainian family (late 19th – first third of the 20th century)]. Pedahohichnyy al'manakh: zbirnyk naukovykh prats' / redkol. V. V. Kuz'menko (holova) ta in. Kherson: VPO. 6. 249-258. [in Ukrainian]

11. Shcherbak, I. (1995). Entsyklopediya dytynstva [Encyclopedia of childhood]. Neopalyma kupyna. 5-6. 112-114. [in Ukrainian]

12. Shcherbina, V. (2013). Osoblyvosti vykhovannya ditey u sim'yi Pivdnyia Ukrainy XIX stolittya [Peculiarities of raising children in the family of Southern Ukraine of the 19th century]: dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.01. Kherson. 188. [in Ukrainian]

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**ГАНЗЕНКО Олександр** – аспірант спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

*Наукові інтереси:* морально-етичне виховання в українській сім'ї в історії вітчизняної педагогіки.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**HANZENKO Oleksandr** – Postgraduate Student Specialty 011 Educational, Pedagogical Sciences of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

*Scientific interests:* moral and ethical education in the Ukrainian family in the history of Ukrainian pedagogy.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2026 р.

Стаття прийнята до друку 29.03.2026 р.

УДК 378.147

DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-223-754-758

ISSN 2415–7988 (Print) ISSN 2521–1919 (Online)

**САДОВИЙ Микола** –

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>

e-mail: [smikdpu@i.ua](mailto:smikdpu@i.ua)

**ТРИФОНОВА Олена** –

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

e-mail: [olenatrifonova82@gmail.com](mailto:olenatrifonova82@gmail.com)

**РОЗВИТОК ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У КОНТЕКСТІ NBIC-КОНВЕРГЕНЦІ ТА STEM-ОСВІТИ**

Стаття присвячена проблемі методики навчання предметних компетентностей шостого технологічного укладу з природничих наук та цифрових технологій. NBIC-конвергенція виступає стрижневим вектором у взаємодії науково-дослідних підходів у дослідженнях і є основою для окреслення ґрунтового технологічного погляду з визначення майбутнього. Основними характеристиками освіти в таких умовах передбачається впровадження результатів нанотехнологічної, біотехнологічної й інформаційної революцій, які супроводжуються розвитком когнітивної науки. Тоді границі між технологіями значно спрощуються. Нанотехнології, як галузь проникла у всі сфери діяльності людини: наука, освіта, виробництво, безпека, побут та ін., стає каталізатором між іншими інноваційними технологічними напрямками. Розкрито зміст сучасних технологічних сфер: Nano, Bio, Info, Cogno. Окремо виділено поняття нанотехнології в освіті як процес виявлення, дослідження й впровадження знань про явища, матеріали розміром 1-100 нанометрів в освітній процес, що успішно інтегрується в сучасну STEM-освіту (наука, технології, інженерія, математика). Для прикладу розкрито процеси, що здійснюються у розчині молочної мікроіни та спеціальних барвних розчинів з какао, сиропу, харчових барвників на нанорівні. Самоорганізоване виникнення оболонки під час вливання молока в еспreso пояснюється сукупністю сил поверхневого натягу й Ван-дер-Ваальсової взаємодії, електростатичною взаємодією між білковими структурами, коагуляцією жирових частинок, руйнуванням та перебудовою міжфазних меж. Білкові наноструктури стабілізують бульбашки, жирові нанокраплини, впливають на в'язкість, частинки кавових масел взаємодіють із молочними компонентами різної густини, а відповідно на різних рівнях. Сам цілісний візерунок не є «наноструктурою», але його виникнення визначається наноструктурами: білковими оболонками, що мають нанорозмірні масштаби; колоїдними процесами; міжмолекулярними силами. Тобто латте-арт є прикладом, як нанорівневі взаємодії породжують макроскопічний самоорганізований патерн

*Ключові слова:* самоорганізація, технологічні сфери, наноструктури, освітній процес, компетентність, NBIC-конвергенція, STEM-освіта.

**SADOVYI Mykola** –

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Informational and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>

e-mail: [smikdpu@i.ua](mailto:smikdpu@i.ua)

**TRYFONOVA Olena** –

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Informational and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

e-mail: [olenatrifonova82@gmail.com](mailto:olenatrifonova82@gmail.com)

**DEVELOPMENT OF SUBJECT COMPETENCES IN THE CONTEXT OF NBIC CONVERGENCE AND STEM EDUCATION**

The article is devoted to the problem of teaching methodology of subject-specific nanometric competencies of the sixth technological order in natural sciences and digital technologies. NBIC-convergence acts as a core vector in the interaction of scientific and research approaches in research and is the basis for outlining a thorough technological view of determining the future. The main characteristics of education in such conditions are the implementation of the results of nanotechnological, biotechnological and information revolutions, which are accompanied by the development of cognitive science. Then the boundaries between technologies are significantly simplified. Nanotechnology, as an industry, has penetrated all spheres of human activity: science, education, production, security, everyday life, etc., becoming a catalyst between other innovative technological directions. The content of modern technological areas is revealed: Nano, Bio, Info, Cogno. The concept of nanotechnology in education is separately highlighted as a process of discovering, researching and implementing knowledge about phenomena and materials with a size of 1-100 nanometers into the educational process, which is successfully integrated into modern STEM education (science, technology, engineering, mathematics). For example, the processes that occur in a solution of milk microfoam and special coloring solutions from cocoa, syrup, and food coloring at the nanolevel are disclosed. The self-organized appearance of a shell during the pouring of milk into espresso is explained by the combination of surface tension and Van der Waals forces, electrostatic interaction between protein structures, coagulation of fat particles, destruction and rearrangement of interphase boundaries. Protein nanostructures stabilize bubbles, fat nanodroplets, affect viscosity, coffee oil particles interact with milk components of different densities, and accordingly at different levels. The entire pattern itself is not a «nanostructure», but its emergence is determined by nanostructures: protein shells that have nanoscale scales; colloidal processes; intermolecular forces. That is, latte art is an example of how nanoscale interactions generate a macroscopic self-organized pattern.

**Key words:** self-organization, technological spheres, nanostructures, educational process, competence, NBIC convergence, STEM education.

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** У наукових дослідженнях все більше набуває розвитку і впровадження NBIC-конвергенція (від англ. nano-bio-info-cogno), яка є ядром 6-го технологічного укладу (прогнозовано 2030 – 2080 роки) та нового етапу науково-технічного прогресу [6], де стираються відмінності між фізичним, цифровим і біологічним світами. Основними характеристиками освіти передбачається впровадження результатів нанотехнологічної й біотехнологічної революцій, які супроводжуються розвитком когнітивної науки. Вважається, що за таких умов границі між технологіями значно спрощуються. Тоді нанотехнології, як галузь, що проникла у сферу діяльності людини (наука, освіта, виробництво, безпека, побут та ін.) стає каталізатором між іншими інноваційними технологічними напрямками. NBIC-конвергенція виступає стрижневим вектором у взаємодії науково-дослідних підходів у дослідженнях і є основою для окреслення ґрунтового технологічного погляду з визначення майбутнього. Дослідники М. Кизим, І. Матюшенко, О. Чубукова, І. Лещух та ін. вважають, що такий поступальний рух має забезпечуватися вивільненими ресурсами як визначених технологій, так і генною інженерією, мікро(нано)-механікою, водородною енергетикою, штучним інтелектом та ін. [2; 3]. Відповідно методичне обґрунтування конвергенції нанотехнологій в природничих навчальних дисциплінах (фізика, хімія, біологія), інформатиці, технічних дисциплінах, цифрових технологіях та ін. є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Jee Jeonghun, Shin Hyunjin, Kim Chulhyun, Lee Sungjoo на основі аналізу технологій виокремили шість різних підходів до визначення та ідентифікації перспективних технологій за допомогою патентного аналізу й окреслили перспективи впровадження NBIC-конвергенції в різні сфери діяльності людини [7].

О. Чубукова, Н. Ралле, Ю. Зимбалевська виокремили актуальні концепції розбудови інформаційного суспільства в умовах NBIC-конвергенції [6].

Перспективи форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів у країнах світу і Україні проаналізували М. Кизим, І. Матюшенко, І. Шостак, М. Данова [3].

У науковій доповіді Інституту регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України І. Лещух, Х. Патицька визначили інноваційний потенціал регіонів України в контексті формування стратегій смарт-спеціалізації [1].

Д. Підвальный розглянув поняття NBIC-конвергенції як каталізатор техногенної модифікації людини [4].

Визначені вчені здійснили детальний аналіз підстав для запровадження NBIC-конвергенції у сферу наукових досліджень та освіти і визначили основні траєкторії ядра 6-го технологічного укладу. Однак нині ця проблема потребує подальшого дослідження в період неперервної реформації закладів освіти, та визначення пріоритетів на найближчий період.

**Метою дослідження** є створення методичних основ формування NBIC-конвергенції і на цій основі підвищення предметної компетентності та забезпечення поглиблення знань про фізичні, хімічні явища й процеси, цифрові технології.

**Методами дослідження** є аналіз та синтез напрямків розвитку технологічних укладів та технологій їхнього впровадження у всі сфери життєдіяльності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під поняттям технологічного укладу розуміється певна сукупність виробництв, які ґрунтуються на відповідному техніко-енергетичному рівні. Критерієм визначення рівнів можна прийняти робоче тіло, як рушійну силу розвитку (рис. 1). Першим рівнем ми пропонуємо вважати рівень трансформуючих матеріалів кам'яного, бронзового та залізного століть, останнім – шостим – трансформація інформаційних технологій.

У цьому зв'язку NBIC-конвергенція є інтегративним процесом сучасних технологічних сфер: Nano, Bio, Info, Cogno. **Нанотехнології** розглядаються на рівні  $10^{-9}$  м, що відповідає матерії й енергії на рівні атомів і молекул і реального впливу для задання необхідних властивостей. **Біотехнології** досліджують живі системи, клітини й генні модифікації від наночастинок вірусів 20–300 нм, мікроскопічних клітин бактерій 0,5–5 мкм та дріждів 5–10 мкм.

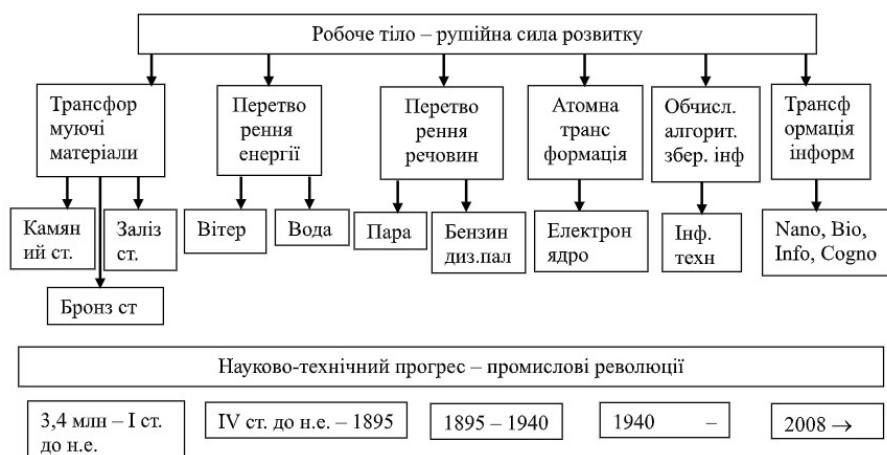


Рис. 1. Еволюція техногенних укладів

**Інформаційні технології** забезпечують обробку великих даних у частині метрики об'єму (терабайти чи петабайти), швидкості (вимірюється кількістю подій за секунду) й масштабності (коефіцієнт, що показує як зростає швидкість обробки зі збільшенням кількості обчислювальних процесорів) із залученням штучного інтелекту для збільшення потужності обчислювальних систем. **Когнітивні технології** розглядають суперкомп'ютери, що імітують розумові процеси людини (робота людського мозку, мислення, сприйняття, машинне навчання, прийняття рішень) на основі комп'ютерних наук, нейробіології, лінгвістики та ін. Рушійною силою еволюційного розвитку виступає джерело енергії, матерії та інформації – робоче тіло.

Таким чином, ключовим у ядрі устрою є конвергенція NBIC-технологій. У нинішніх умовах до ядра шостого технологічного укладу відносяться: наноматеріали, наноелектроніка, нанофотоніка, скануюча нанотехніка, нанометрологія, нанофабрики, наносистемна техніка, гена інженерія, кліткові біотехнології, інформаційно-комунікаційні технології, штучний інтелект. Такий поступ характеризується методологічним підходом перетворення технологій (рис. 1).

Нами виділено окремо поняття нанотехнології в освіті як процес виявлення, дослідження й впровадження знань про явища, матеріали розміром 1 – 100 нанометрів в освітній процес, інтегрується в сучасну STEM-освіту (наука, технології, інженерія, математика) [8].

Для прикладу розглянемо процеси, що здійснюються у розчині молочної мікропіни та спеціальних барвних розчинів з какао, сиропу, харчових барвників тощо. Мікропіна одержується, коли молоко жирністю 2,5–3,5 %, вмістом білка  $\geq 3$  г на 100 мл збивається парою температурою 55–65 градусів без створення великих бульбашок. На фото (рис. 2) на поверхні кави видно специфічний малюнок латте-арт. Зображення виникає завдяки нановзаємодії еспресо та спіненого молока. Технологія виготовлення такої суміші наступна. В чашку наливається еспресо. На поверхні спостерігається тонкий шар кремів й світло-коричневої пінки з кавових масел. Збите парою холодне молоко утворює дуже дрібну гладеньку й блискучу молочну мікропіну. Під час наливання молока фахівець з приготування кави (бариста) керує: висотою струменя; швидкістю наливання; нахилом

чашки; рухами руки. Це мистецтво. Так як кава темніша, а молочна піна світліша має місце різниця кольорів і на поверхні з'являється контрастний візерунок схожий, наприклад, на листок, пір'їну (рис. 2).



Рис. 2. Зображення латте-арт [9]

Він утворюється, коли бариста наближає носик пітчера (посудина з носочком) до поверхні рідини, злегка коливає рукою, а потім проводить тонку лінію крізь малюнок. У цьому випадку малюнок – не результат фарби чи друку, а візерунок із тонкого шару молочної піни на поверхні кави. У процесі формування латте-арту (специфічний спосіб вливання спіненого молока в еспресо) має місце взаємодія частинок на нанорівні, хоча саме зображення візерунку спостерігається на макрорівні. Тобто в результаті формування латте-арт відбувається багаторівнева самоорганізація, де мікро- і наноструктури рідини визначають поведінку всієї системи (рис. 2).

Відомо, що спінене молоко є складною колоїдною системою, яка є сукупністю з кульок (бульбашок) повітря, води, жирів, білків (казеїн, сироваткові білки), цукру. Поверхня кожної мікробульбашки формує тонку білково-жирову оболонку товщиною нанометрового масштабу. Такі нанометричні оболонки стабілізують піну, визначають текучість, впливають на відбиття світла та контраст. Самоорганізоване виникнення оболонки під час вливання молока в еспресо пояснюється сукупністю сил поверхневого натягу й Ван-дер-Ваальсової взаємодії, електростатичною взаємодією між білковими структурами, коагуляцією жирових частинок, руйнуванням та перебудовою міжфазних меж. Отже, білкові наноструктури стабілізують бульбашки, жирові нанокраплини впливають на в'язкість, частинки кавових масел взаємодіють із молочними компонентами різної густини, а відповідно на різних рівнях.

З фізичної точки зору контраст виникає внаслідок виникнення різниці: оптичних властивостей крему еспресо; густини молочної піни; розміру бульбашок; локального поверхневого натягу. Біла частина є шаром мікропіни, який розсіює світло. Темна частина це креми еспресо з дрібними частинками кавових масел.

Процес утворення латте-арт є яскравим прикладом самоорганізуючої системи, де визначальну роль відіграють гідродинамічна нестійкість, самоорганізація рідин, нелінійна динаміка потоків. Певний вплив мають кут наливання, швидкості потоку, перепади температури, структури піни. В сукупності вони можуть значно змінювати кінцевий малюнок. Сам цілісний візерунок не є «наноструктурою», але його виникнення визначається наноструктурами: білковими оболонками, що мають нанорозмірні масштаби; колоїдними процесами; міжмолекулярними силами. Тобто латте-арт є прикладом, як нанорівневі взаємодії породжують макроскопічний самоорганізований патерн (рис. 3).

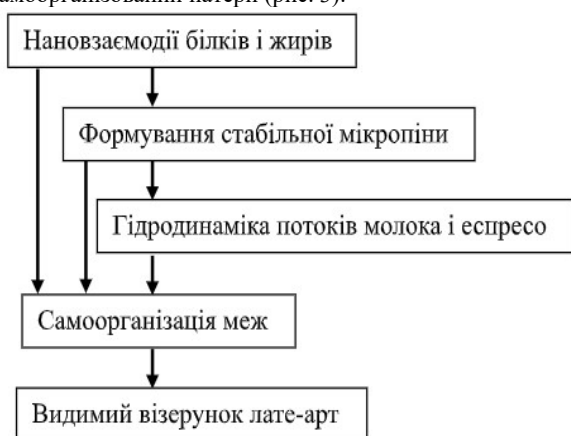


Рис. 3. Схема самоорганізуючої нанорівневої взаємодії

Фізико-хіміко-біологічні процеси в латте-арт близькі до процесів утворення хмар, структур у різних пінах, емульсіях, частині біологічних патернів, конвективних структур комірок Бенара тощо.

Головні напрямки застосування конвергенції NBIC-технологій знаходяться на рівнях:

- персоналізованого навчання (адаптивні системи), коли штучний інтелект на основі когнітивних моделей будує унікальну освітню траєкторію для кожного учня, коригуючи складність матеріалу залежно від швидкості мислення та емоційного стану;
- нейроосвіти, яка полягає у використанні технологій зчитування мозкової активності здобувачів освіти, розробки механізмів настільки викладачі можуть бачити як здобувачі освіти залучені в освітній процес (наприклад, ЕЕГ-обручі);
- ефективності імерсивного середовища та симуляцій в частині поєднання VR/AR та біовіддачі (biofeedback) з освітнім процесом;
- розробки механізмів покращення пам'яті та уваги через розробку методик стимуляції мозкової діяльності та когнітивних тренажерів для оптимізації процесів запам'ятовування;
- розвитку трансдисциплінарності, що вимагає відходу від класичного поділу на предмети, відпо-

відно підготовка спеціалістів відбувається на межі наук (наприклад, біоінформатика чи нейропсихологія);

– актуалізації етичних питань включаючи унормування збору біометричних та когнітивних даних та захисту персональної інформації здобувачів освіти;

– утвердження соціальної нерівності в частині вирішення питання щодо недопущення розриву в доступі до якісної освіти між різними верствами суспільства через підвищення вартості новітніх технологій.

**Висновки та перспективи подальших розвідок напрямку.** Таким чином, концепція NBIC в освіті виходить за рамки простих EdTech-інструментів як цифрових платформ, застосунків та програмного забезпечення, які інтегруються у навчальний процес для спрощення доступу до знань і спрямовують зусилля формуючи новий етап розвитку людини та освіти загалом, де метою є розкриття повного потенціалу здобувачів освіти через симбіоз живого організму та технологій.

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

1. Лешух І.В., Патицька Х.О. Інноваційний потенціал регіонів України в контексті формування стратегій smart-спеціалізації: наукова доповідь. ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М.І.Долішнього НАН України». Львів. 2020. 99 с. (Серія «Проблеми регіонального розвитку»).
2. Основні характеристики шостого технологічного укладу. URL: <https://studfile.net/preview/9766809/page/4/>
3. Перспективи форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів у країнах світу і Україні : монографія / Кизим М.О., Матюшенко І.Ю., Шостак І.В., Данова М.О. Х.: ВД «ІНЖЕК», 2015. 272 с.
4. Підвальный Д.О. NBIC конвергенція – каталізатор техногенної модифікації людини. *Філософія науки: традиції та інновації*. 2018. № 1 (17). С. 30–40.
5. Садовий М.І., Трифонова О.М. Методика використання основних понять системного підходу у навчанні. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки (ЦДУ ім. В.Винниченка)*. Кропивницький. 2026. Вип. 222. С. 235–240. DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-222-235-240
6. Чубукова О.Ю., Ралле Н.В., Зімбалецька Ю.В. Актуальні концепції розбудови інформаційного суспільства в умовах nbic-конвергенції. *Науковий вісник Полісся*. 2018. 1(2)(14), ч. 1. С. 43–48. DOI: [https://doi.org/10.25140/10.25140/2410-957620182\(14\)43-48](https://doi.org/10.25140/10.25140/2410-957620182(14)43-48).
7. Jee Jeonghun, Shin Hyunjin, Kim Chulhyun, Lee Sungjoo. Six different approaches to defining and identifying promising technology through patent analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*. 2022. Т. 34. № 8. С. 961–973.
8. NBIC-конвергенція. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/NBIC>
9. Pexels. URL: <https://www.pexels.com/uk-ua/search/>

**REFERENCES**

1. Leshchukh, I.V., Patytska, K.O. (2020). Innovatsiynyyu potentsial rehioniv Ukrayiny v konteksti formuvannya stratehiy smart-spetsializatsiyi [Innovative potential of Ukrainian regions in the context of forming smart specialization strategies]. Lviv. 99 s. [in Ukrainian]
2. Osnovni kharakterystyky shostoho tekhnolohichnoho ukladu [Main characteristics of the sixth technological mode]. URL: <https://studfile.net/preview/9766809/page:4/> [in Ukrainian]
3. Kyzym, M. O., Matyushenko, I. Y., Shostak, I. V., Danova, M. O. (2015). Perspektyvy forsait-prohnozuvannya pryoritetnykh napryamiv rozvytku nanotekhnolohiy i nanomaterialiv u krayinakh svitu i Ukraini [Prospects for foresight-forecasting of priority areas of development of

nanotechnologies and nanomaterials in the world and Ukraine]. 272 s. [in Ukrainian]

4. Pidvalnyy, D. O. (2018). NBIC konverhentsiya – katalizator tekhnohennoyi modyfikatsiyi lyudyny [NBIC convergence – a catalyst for technogenic human modification]. *Filosofiya nauky: tradytsiyi ta innovatsiyi*. № 1 (17). S. 30–40. [in Ukrainian]

5. Sadovyi, M.I., Tryfonova, O.M. (2026). *Metodyka vykorystannya osnovnykh ponyat systemnoho pidkhodu u navchanni [Methodology of using the basic concepts of the systemic approach in teaching]*. *Naukovi zapysky. Seriya: Pedahohichni nauky*. 222. S. 235–240. DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-222-235-240 [in Ukrainian]

6. Chubukova, O.Y., Rallye, N.V., Zymbalevska, Y.V. (2018). Aktual'ni kontseptsiyi rozbudovy informatsiynoho suspil'stva v umovakh nbic-konverhentsiyi [Current concepts of developing an information society in the conditions of nbic-convergence]. *Naukovyy visnyk Polissya*. 1(2)(14). S. 43–48. DOI: [https://doi.org/10.25140/10.25140/2410-957620182\(14\)43-48](https://doi.org/10.25140/10.25140/2410-957620182(14)43-48). [in Ukrainian]

7. Jee, Jeonghun, Shin, Hyunjin, Kim, Chulhyun, Lee, Sungjoo (2022). Six different approaches to defining and identifying promising technology through patent analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*. T. 34, № 8. С. 961–973. [in English]

8. NBIC-конвергенція. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/NBIC> [in Ukrainian]

9. Pexels. URL: <https://www.pexels.com/uk-ua/search/> [in English]

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**САДОВИЙ Микола** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

*Наукові інтереси:* дидактика природничих наук та професійної освіти.

**ТРИФОНОВА Олена** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

*Наукові інтереси:* теорія і методика природничих наук та професійної освіти.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**SADOVYI Mykola** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Informational and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

*Scientific interests:* didactics of natural and professional education.

**TRYFONOVA Olena** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Informational and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

*Scientific interests:* theory and methodology of natural and professional education.

*Стаття надійшла до редакції 19.03.2026 р.*

*Стаття прийнята до друку 29.03.2026 р.*

УДК: 378.147:81'243]:004.8

DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-223-758-763

ISSN 2415–7988 (Print) ISSN 2521–1919 (Online)

**ГАВРИЛЕНКО Ольга** –

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри міжнародних економічних відносин та іноземних мов Центральноукраїнського національного технічного університету  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4653-8183>  
e-mail: [gavrilenko.olga.kntu@gmail.com](mailto:gavrilenko.olga.kntu@gmail.com)

**МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ У ПРОЦЕСІ ІНШОМОВНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

*Статтю присвячено обґрунтуванню та розкриттю методичних особливостей інтеграції інструментів генеративного штучного інтелекту (GenAI) в освітній процес вищої технічної школи. Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком великих мовних моделей (LLMs) та потребою модернізації іншомовної підготовки студентів немовних ЗВО відповідно до вимог цифрового суспільства. У роботі здійснено ретроспективний аналіз еволюції комп'ютерно-орієнтованого навчання мов (CALL) від статичних мультимедійних систем до сучасних інтелектуальних екосистем.*

*Досліджено трансформацію структури професійних якостей майбутнього інженера та введено в науковий обіг поняття іншомовно-цифрової компетентності, компонентами якої визначено лінгвістичну, промпт-компетентність та критично-аналітичну здатність до верифікації даних. Здійснено типізацію та класифікацію провідних дидактичних функцій інструментів штучного інтелекту (текстово-аналітичної, продуктивно-генеративної, комунікативно-імітаційної та діагностично-корекційної), а також розроблено функціональну матрицю використання моделей ChatGPT, Gemini та Claude за видами мовленнєвої діяльності у межах інженерного дискурсу.*

*У роботі представлена трикомпонентна методична модель взаємодії «викладач – студент – ШІ-асистент», яка охоплює передтекстовий (проекування промптів), інтерактивно-генеративний (взаємодія з ШІ-тьютором) та пост-генеративний (критичний аудит і усна верифікація) етапи. Окреслені ризики впровадження GenAI в освіту, зокрема загрози академічній доброчесності, та запропоновано комплекс інноваційних рішень для реформування системи оцінювання знань через зміцнення фокусу контролю з результату на процес діяльності студентів.*

**Ключові слова:** генеративний штучний інтелект, іншомовна підготовка, студенти технічних спеціальностей, промпт-інжиніринг, CALL, іншомовно-цифрова компетентність, академічна доброчесність.

**HAVRYLENKO Olga** –

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of International Economic Relations and Foreign Languages Central Ukrainian National Technical University  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4653-8183>  
e-mail: [gavrilenko.olga.kntu@gmail.com](mailto:gavrilenko.olga.kntu@gmail.com)