

УДК 378:37.091.12:615:602.3/602.6:57.086:004.9:17.02
DOI <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2026-1-12>

КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД У ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ, БІОТЕХНОЛОГІЧНІЙ ТА БІОІНЖЕНЕРНІЙ ОСВІТІ: ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ, ІНЖЕНЕРНИХ ТА ЕТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ

Шолойко Наталія Василівна,

кандидат фармацевтичних наук, доктор педагогічних наук,
доцент кафедри організації та економіки фармації,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID 0000-0002-5083-7218

Коновалова Людмила Володимирівна,

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри організації та економіки фармації,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID 0000-0002-8956-1263

Коношевич Людмила Володимирівна,

кандидат фармацевтичних наук,
асистент кафедри організації та економіки фармації,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID 0009-0009-5937-1088

Храпійчук Галина Валентинівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедри медичної і біологічної фізики
та інформатики,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
ORCID 0009-0008-6978-5850

Статтю присвячено аналізу сучасних підходів до підготовки біотехнологів, біоінженерів та фармацевтів в умовах трансформації фармацевтичного й біотехнологічного секторів. На основі системного аналізу наукових джерел, міжнародних рекомендацій FIP/WHO, стандартів Міністерства освіти і науки України та праць вітчизняних дослідників визначено ключові тенденції розвитку компетентнісної моделі освіти.

Підкреслено, що формування професійної культури фахівця – цілісної системи знань, умінь, ціннісних орієнтацій, управлінських та аналітичних здібностей – є центральним завданням сучасної вищої школи. Особливу увагу приділено ролі організаційно-управлінської та цифрової компетентностей, які забезпечують готовність майбутніх фахівців діяти в умовах технологічної динаміки, ризиків та високої відповідальності.

Проаналізовано виклики ринку праці, серед яких: старіння професійних компетентностей («період напіврозпаду» знань), недостатня практична складова університетської освіти, низький рівень використання цифрових інструментів. Доведено, що адаптивні інтелектуальні навчальні системи (АІНС) створюють нове освітнє середовище, здатне компенсувати брак лабораторного обладнання та підвищити результативність підготовки.

Запропоновано модель інтеграції компетентнісного, цифрового та інженерного компонентів у професійну підготовку, що забезпечує відповідність освітнього процесу міжнародним стандартам. Обґрунтовано, що така модель формує конкурентоспроможного фахівця, здатного до самостійних рішень, рефлексії, управління технологічними процесами та інноваційної діяльності.

Ключові слова: компетентнісне навчання; біотехнологи; біоінженери; фармацевтична освіта; адаптивні інтелектуальні системи; цифрова компетентність; інженерні та управлінські компетенції.

Sholoiko Nataliia, Konovalova Liudmyla, Konoshevych Liudmyla, Khrapiichuk Halyna.
COMPETENCE-BASED APPROACH IN PHARMACEUTICAL, BIOTECHNOLOGY, AND
BIOENGINEERING EDUCATION: INTEGRATION OF DIGITAL, ENGINEERING, AND ETHICAL
COMPONENTS

The article is devoted to the analysis of modern approaches to the training of biotechnologists, bioengineers, and pharmacists in the context of the transformation of the pharmaceutical and biotechnology sectors. Based on a systematic analysis of scientific sources, international FIP/WHO recommendations, standards of the Ministry of Education and Science of Ukraine, and works by Ukrainian researchers, key trends in the development of a competency-based education model have been identified.

The study emphasizes that the formation of a specialist's professional culture – a holistic system of knowledge, skills, value orientations, managerial and analytical abilities - is a central task of modern education. Particular attention is paid to the role of organizational, managerial, and digital competencies, which ensure the readiness of future biotechnologists and pharmacists to operate in conditions of technological dynamics, risks, and high responsibility.

The challenges of the labor market are analyzed, including aging professional competencies, insufficient practical components of university education, and a low level of use of digital tools and simulation technologies. It has been proven that adaptive intelligent learning systems create a new educational environment capable of compensating for the lack of laboratory equipment and increasing the effectiveness of training.

The article proposes a model for integrating competency, digital, and engineering components into professional training, ensuring that the educational process meets labor market requirements and international standards. It is substantiated that this model develops competitive specialists capable of independent decision-making, reflection, management of technological processes, and innovative activity.

Key words: competence-based learning; biotechnologists; bioengineers; pharmaceutical education; adaptive intelligent systems; digital competence; engineering and management competencies.

Вступ. Фармацевтичний сектор охорони здоров'я стрімко розвивається у напрямку створення нових лікарських засобів із застосуванням біотехнологічних процесів виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів, що є ключовим для забезпечення якості життя населення та доступності ліків [10]. Фахівці цього профілю працюють у сферах управління, виробництва, контролю якості, промоції, а також беруть участь у наукових дослідженнях із розробки нових або генеричних/біоподібних препаратів. Галузь зазнає змін, зумовлених цифровізацією, автоматизацією виробництва, впровадженням нових генетичних та сучасних аналітичних технологій [9; 13].

Фармацевтична промисловість України трансформується під впливом глобальних трендів, що підвищує вимоги до компетентності працівників, зокрема у біотехнології та біоінженерії. Відповідно до Стандарту вищої освіти за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія», підготовка має базуватися на формуванні фахових компетентностей: біомедичного аналізу, роботи з культурами клітин, контролю якості (GMP/GLP) та інженерного моделювання [3]. Дослідження українських вчених підтверджують зростання значення цифрової компетентності, біоінженерного мислення та здатності працювати з автоматизованими системами [12]. Подібні вимоги містяться у міжнародних документах ВООЗ та МФФ (FIP), де наголошується на ролі фахівця як дослідника та управлінця [4; 12; 13; 15].

Професійна підготовка майбутніх фармацевтів і біотехнологів передбачає формування професій-

ної культури – інтегральної характеристики, що включає відповідальність, здатність до самостійного прийняття рішень, управління виробничими процесами та критичний аналіз діяльності [6–8]. Таким чином, необхідним стає системне переосмислення змісту та методів професійної підготовки.

Мета роботи – обґрунтувати роль компетентнісного підходу у підготовці майбутніх біотехнологів і фармацевтів, виявити освітні бар'єри та визначити потенціал адаптивних інтелектуальних систем у формуванні професійної культури фахівців (фармацевтів, біотехнологів та біоінженерів).

Матеріали та методи. У дослідженні застосовано методи семантичного аналізу нормативно-правових документів (стандарти МОН, FIP/WHO), системний і структурно-логічний аналіз освітніх програм, контент-аналіз наукових публікацій, системний метод для оцінки компетентнісної моделі, а також порівняльний аналіз традиційних і цифрових навчальних технологій.

Результати та їх обговорення:

1. Компетентнісний підхід у фармацевтичній і біотехнологічній освіті

Компетентнісний підхід переносить акцент з процесу передачі знань на результат навчання – здатність фахівця ефективно діяти у професійному середовищі, вирішуючи виробничі завдання [6; 12].

Міжнародний контекст. Фармацевтична галузь інтегрується у глобальний біотехнологічний простір, що регламентується документами на кшталт *Good Pharmacy Education Practice* (FIP/

WHO). Згідно з ними, сучасний фахівець має володіти не лише фундаментальними знаннями, а й інженерним мисленням для моделювання біологічних процесів, виконуючи ролі:

- експерта та дослідника (аналіз нових молекул);
- менеджера (управління процесами та персоналом);
- лідера (відповідальність за якість та прийняття рішень) [10].

Національний стандарт. Для спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» визначено специфічний набір компетентностей: Для галузі біотехнологій та біоінженерії компетентнісна модель чітко окреслена у Стандарті вищої освіти (2021). Відповідно до цього документу, підготовка бакалаврів та магістрів має базуватися на формуванні специфічного набору фахових компетентностей, до яких входять:

- робота з клітинними лініями, мікроорганізмами, вірусами;
- методи генетичної інженерії та CRISPR-технології;
- біоінженерне моделювання та математичні методи аналізу біопроцесів;
- цифрові платформи для біоінформаційного аналізу;
- принципи валідації, верифікації та регуляторної відповідності (GMP/GLP);
- біобезпека та біоетика: дотримання етичних норм та правил біологічної безпеки при створенні нових продуктів [3].

Організаційно-управлінська компетентність. Критично важливим є формування управлінських навичок, що забезпечують готовність до вирішення нестандартних завдань в умовах невизначеності, адаптацію до технологічних змін та ефективне управління фармацевтичною діяльністю на всіх етапах життєвого циклу лікарського засобу [6; 8; 10].

2. Сучасні виклики: технологічні зміни та період «напіврозпаду» компетентності

Аналіз свідчить про розрив між очікуваннями роботодавців і результатами університетської освіти [11; 15; 16]. Науково-технічний прогрес призвів до скорочення «періоду напіврозпаду компетентності» у біотехнології та біоінженерії до 3–4 років, що вимагає постійного оновлення професійного інструментарію [9].

Скорочення життєвого циклу компетентності зумовлене:

1) **біотехнологічними інноваціями:** редагування геному, рекомбінантні білки, автоматизація біореакторів [9];

2) **фармацевтичною модернізацією:** фармакогеноміка, нанофармацевтика, PAT-системи;

3) **аналітичною революцією:** впровадження методів NGS, HPLC-DAD, LC-MS/MS [14].

3. Неузгодженість між потребами ринку праці та традиційною освітою

Багато підприємств активно впроваджують високоточні технології, які вимагають від фахівців володіння новими специфічними компетенціями, зокрема:

- роботою з автоматизованими системами біореакторів;
- генетичним та клітинним інжинірингом;
- роботою з клітинними лініями, мікроорганізмами, вірусами;
- методами сучасної аналітики (LC-MS/MS, HPLC-DAD, NGS);
- валідацією процесів відповідно до стандартів GMP/GLP;
- використанням біоінформатичних інструментів [16].

Ринок праці у фармацевтичній та біотехнологічній сферах характеризується структурною складністю та високим рівнем конкуренції. Попри наявність освітніх стандартів, багато випускників мають недостатній рівень практичних навичок для роботи у виробництві (табл. 2).

Дослідження Т. Реві, Ю. Кучина та інших вказують на необхідність нової моделі освіти, яка інтегрує цифрову компетентність (робота з

Таблиця 1

Порівняння компетентностей фармацевтів, біотехнологів та біоінженерів

Компетентність	Фармацевти	Біотехнологи	Біоінженери
Робота з біологічним матеріалом	частково	✓✓	✓✓
Генні технології	частково	✓	✓✓
Інженерне моделювання	частково	✓	✓✓
Аналітичні методи (HPLC, PCR, NGS)	✓✓	✓✓	✓
GMP/GLP, QA/QC, ICH	✓✓	✓	✓
Цифрові платформи, хмарні технології	✓	✓✓	✓✓
Управлінська компетентність	✓✓	✓	✓✓

Примітка: ✓ – базова компетентність; ✓✓ – поглиблена компетентність.

Проблеми підготовки та шляхи їх вирішення

Проблема	Причина	Запропоноване рішення
Низька практична підготовка	Нестача сучасних лабораторій та обладнання	Впровадження АІНС, віртуальних лабораторій
Розрив між освітою та виробництвом	Відсутність інженерних та цифрових модулів	Інтеграція цифрових платформ у біоінженерію
Старіння компетентностей	Стрімкий розвиток технологій	Модульне навчання, підвищення кваліфікації
Низький рівень управлінських умінь	Теоретична орієнтація освіти	Тренінги з Soft skills та менеджменту

автоматизованими біореакторами, аналітичними платформами) [1; 11; 12]. Крім того, у навчальний процес недостатньо інтегровані «м'які компетентності» (командна робота, аналіз ризиків, управлінські навички) [1].

4. Адаптивні інтелектуальні системи як інструмент модернізації освіти

В умовах дефіциту дороговартісного обладнання адаптивні інтелектуальні навчальні системи (АІНС) стають ключовим інструментом для подолання розриву між теорією та практикою. Впровадження АІНС є можливістю відповідати на сучасні виклики у підготовці майбутніх фахівців для формування цифрової компетентності. Ці системи слугують інноваційним механізмом подолання освітнього розриву. Вони базуються на алгоритмах штучного інтелекту, які забезпечують персоналізоване навчання та симуляцію реальних виробничих процесів, і дозволяють реалізувати складні педагогічні сценарії [12; 15; 17]:

– *Діагностика та персоналізація:* Система оцінює початковий рівень знань та формує індивідуальну траєкторію навчання, адаптуючись до темпу студента [1].

– *Глибоке моделювання біотехнологічних процесів:* Студенти можуть віртуально керувати процесами ферментації, роботи з культурами клітин та очищення білків.

– *Віртуальні симуляційні лабораторії:* Забезпечують безпечне середовище для відпрацювання навичок та дотримання норм біобезпеки, що є критичним для біоінженерії [4].

– *Інтелектуальний тьюторинг:* Система надає контекстні підказки, імітуючи роботу викладача, та забезпечує миттєвий зворотний зв'язок.

– *Аналітичні модулі:* дозволяють студентам проводити цифровий аналіз експериментів.

– *Імітація управлінських рішень:* включно з аналізом ризиків і реагуванням на непередбачувані виробничі ситуації.

– *Інтеграція хмарних технологій:* У численних дослідженнях Н. Стучинської (2021) вказу-

ється, що використання хмарних сервісів сприяє формуванню навичок дистанційної взаємодії та роботи з великими базами даних, що є надзвичайно важливим для сучасної біотехнології у фармації [17].

Дослідження Т. Реви, Ю. Кучина та Н. Стучинської вказують, що такі системи значно підвищують рівень готовності студентів до роботи у високотехнологічних лабораторіях і фармацевтичних виробництвах [12; 15; 17]. Впровадження АІНС дозволяє виконати вимоги стандарту 162 «Біотехнології та біоінженерія» щодо моделювання біологічних систем [12]. Таким чином, АІНС виступають подвійним інструментом: вони навчають фаху і одночасно формують цифрову культуру фахівця.

5. Модульно-компетентнісна модель навчання
Запропонована модель базується на:

– **Модульній структурі:** дозволяє швидко оновлювати контент.

– **Чітких результатах:** компетентності формуються як вимірювані вміння.

– **Методології:** поєднання проблемно-орієнтованого (PBL) та суб'єктно-орієнтованого підходів [2; 8].

Практичні заняття у цій моделі спрямовані на вирішення ситуаційних задач, що дозволяє інтегрувати стандарти спеціальності 162 з фармацевтичною освітою [5].

Висновки. В ході дослідження було встановлено, що впровадження компетентнісного підходу є не просто педагогічною ініціативою, а єдиним можливим механізмом адаптації освіти до такого сучасного явища, як прискорене старіння знань. Скорочення «періоду напіврозпаду компетентності» до 3–4 років у біотехнології та фармації вимагає переходу від статичної передачі знань до формування динамічної здатності до постійного самооновлення.

Адаптивні інтелектуальні навчальні системи (АІНС) довели свою безальтернативність як інструмент подолання розриву між академічною

підготовкою та виробництвом. В умовах високої вартості біотехнологічного обладнання та суворих вимог біобезпеки саме АІНС є ефективним інструментом для підвищення якості практичної підготовки, моделювання біотехнологічних процесів та формування аналітичного мислення майбутніх фахівців біотехнологів у фармацевтичній галузі. Запропонована модульно-компетентнісна модель дозволяє оперативнo синхронізувати зміст освіти з потребами роботодавців. Це вирі-

шує критичну проблему невідповідності навичок випускників вимогам сучасної індустрії, де домінують автоматизовані процеси, гена інженерія та цифрова аналітика.

Гармонізація національного стандарту 162 «Біотехнології та біоінженерія» з міжнародними рекомендаціями FIP/WHO через використання АІНС створює підґрунтя для підготовки універсальних фахівців, конкурентоспроможних у глобальному науковому

Список літератури:

1. Каратєєва О. І. Сільськогосподарська біотехнологія : курс лекцій для здобувачів вищої освіти спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Миколаїв : МНАУ, 2023.
2. Міністерство освіти і науки України. Стандарт вищої освіти. Ступінь освіти: бакалавр. Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія». Київ : МОН України, 2021.
3. Мотроненко В. В., Луценко Т. М., Дронько Л. М. Біотехнології та біоінженерія. Частина 1. Основи біотехнології : рекомендації до виконання практичних робіт. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
4. Рева Т. Д. Компетентнісний підхід у навчанні хімії майбутніх провізорів: теоретичні і методичні засади : монографія. Київ : Едельвейс, 2017.
5. Рева Т. Д., Ніженковська І. В., Стучинська Н. В., Чхало О. М. Стан та перспективи розвитку вітчизняної вищої фармацевтичної освіти. *Медичні перспективи*. 2020. Т. 25, № 2. С. 19–25.
6. Шолойко Н. О. Організаційно-управлінська компетентність у структурі професійної компетентності майбутніх фармацевтів. *Витоки педагогічної майстерності*. 2019. Вип. 24.
7. Шолойко Н. О. Особистісно-компетентнісний аспект формування організаційно-управлінської культури майбутніх магістрів фармації у процесі фахової підготовки. *Ukrainian Professional Education*. 2022. № 12.
8. Шолойко Н. О. Практичні заняття як форма підготовки конкурентоспроможних фахівців фармації. *Ukrainian Professional Education*. 2023. Т. 8, № 2.
9. Шолойко Н. В. Досвід професійної підготовки фармацевтів США до організаційно-управлінської діяльності в галузі. *Ukrainian Professional Education*. 2022. № 11.
10. Bhalla A., Rajendran S. Applications of machine learning to improve the efficiency and range of microbial biosynthesis: a review of state-of-art techniques. *Microbial Cell Factories*. 2023.
11. FIP/WHO. *Good Pharmacy Education Practice*. The Hague: International Pharmaceutical Federation, 2020.
12. Gonchar A., Sholoiko N., Kosyachenko K., Komaryda O. Research on the consumption of fixed combinations of medicines for the treatment of arterial hypertension in Ukraine in 2020–2023. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. 2025.
13. Kuchyn I., Reva T., Stuchynska N., Mykytenko P., Kucherenko I., Chkhalo O. Digital Competence as a Necessary Component of the Professional Competence of Pharmaceutical Industry Employees. *Review article*. 2025.
14. Li T., Meng F., Wang Y., Jing C. Exploring Strategies for Promoting the Transformation of Bioengineering Majors... *Frontiers in Educational Research*. 2023. Vol. 6.
15. Nnamdi M. C., Tamo J. B., Shi W., Wang M. D. Advancing Problem-Based Learning in Biomedical Engineering in the Era of Generative AI. *Preprint*. 2025.
16. Stuchynska N. V., Belous I. V., Mykytenko P. V. Use of modern cloud services in radiological diagnostics training. *Wiadomości Lekarskie*. 2021. Vol. 74, № 3. P. 546–550.
17. Wang L., Zhang X., Su H., Zhu J. A Comprehensive Survey of Continual Learning: Theory, Method and Application. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*. 2024. Vol. 46, no. 08. P. 5362–5383. DOI: 10.1109/TPAMI.2024.3367329.

References:

1. Karaticieva, O. I. (2023). Silskohospodarska biotekhnolohiia: Kurs lektsii dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity spetsialnosti 162 "Biotekhnolohii ta bioinzheneriia" [Agricultural biotechnology: A course of lectures for higher education students majoring in 162 "Biotechnology and bioengineering"]. Mykolaiv: MNAU.
2. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. (2021). Standart vyshchoi osvity. Stupin osvity: bakalavr. Spetsialnist 162 "Biotekhnolohii ta bioinzheneriia" [Higher education standard. Degree: Bachelor. Specialty 162 "Biotechnology and bioengineering"]. Kyiv: MON Ukrainy.
3. Motronenko, V. V., Lutsenko, T. M., & Dronko, L. M. (2022). Biotekhnolohii ta bioinzheneriia. Chastyna 1. Osnovy biotekhnolohii: Rekomendatsii do vykonannia praktychnykh robіt [Biotechnology and bioengineering. Part 1. Fundamentals of biotechnology: Guidelines for practical work]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho.
4. Reva, T. D. (2017). Kompetentnisnyi pidkhid u navchanni khimii maibutnykh provizoriv: Teoretychni i metodychni zasady [Competency-based approach in teaching chemistry to future pharmacists: Theoretical and methodological foundations]. Kyiv: Edelweiss.

5. Reva, T. D., Nizhenkovska, I. V., Stuchynska, N. V., & Chkhalo, O. M. (2020). Stan ta perspektyvy rozvytku vitchyznianoï vyshchoï farmatsevychnoï osvity [State and prospects of development of domestic higher pharmaceutical education]. *Medychni perspektyvy*, 25(2), 19–25.
6. Sholoiko, N. O. (2019). Orhanizatsiino-upravlinska kompetentnist u strukturï profesiinoï kompetentnosti maibutnikh farmatsevtiv [Organizational and managerial competence in the structure of professional competence of future pharmacists]. *Vytoky pedahohichnoi maisternosti*, 24.
7. Sholoiko, N. O. (2022). Osobystisno-kompetentnisnyi aspekt formuvannia orhanizatsiino-upravlinskoï kultury maibutnikh mahistriv farmatsii u protsesi fakhovoi pidhotovky [Personal and competency-based aspect of forming organizational and managerial culture of future masters of pharmacy]. *Ukrainian Professional Education*, 12.
8. Sholoiko, N. O. (2023). Praktychni zaniattia yak forma pidhotovky konkurentospromozhnykh fakhivtsiv farmatsii [Practical classes as a form of training competitive pharmacy specialists]. *Ukrainian Professional Education*, 8(2).
9. Sholoiko, N. V. (2022). Dosvid profesiinoï pidhotovky farmatsevtiv SShA do orhanizatsiino-upravlinskoï diialnosti v haluzi [Experience of professional training of pharmacists in the USA for organizational and managerial activities in the field]. *Ukrainian Professional Education*, 11.
10. Bhalla, A., & Rajendran, S. (2023). Applications of machine learning to improve the efficiency and range of microbial biosynthesis: A review of state-of-art techniques. *Microbial Cell Factories*.
11. FIP/WHO. (2020). *Good pharmacy education practice*. International Pharmaceutical Federation.
12. Gonchar, A., Sholoiko, N., Kosyachenko, K., & Komaryda, O. (2025). Research on the consumption of fixed combinations of medicines for the treatment of arterial hypertension in Ukraine in 2020–2023. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*.
13. Kuchyn, I., Reva, T., Stuchynska, N., Mykytenko, P., Kucherenko, I., & Chkhalo, O. (2025). Digital competence as a necessary component of the professional competence of pharmaceutical industry employees. *Review article*.
14. Li, T., Meng, F., Wang, Y., & Jing, C. (2023). Exploring strategies for promoting the transformation of bioengineering majors. *Frontiers in Educational Research*, 6.
15. Nnamdi, M. C., Tamo, J. B., Shi, W., & Wang, M. D. (2025). Advancing problem-based learning in biomedical engineering in the era of generative AI. *Preprint*.
16. Stuchynska, N. V., Belous, I. V., & Mykytenko, P. V. (2021). Use of modern cloud services in radiological diagnostics training. *Wiadomości Lekarskie*, 74(3), 546–550.
17. Wang, L., Zhang, X., Su, H., & Zhu, J. (2024). A comprehensive survey of continual learning: Theory, method and application. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 46(8), 5362–5383. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2024.3367329>

Дата першого надходження статті до видання: 24.12.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.01.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.02.2026