

КЛЮЧОВІ СКЛАДНИКИ УСПІШНОГО НАВЧАННЯ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ G21 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ» В НАЦІОНАЛЬНОМУ МЕДИЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

Полова Жанна Миколаївна,

доктор фармацевтичних наук, професор,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-1874-2841

Негода Тетяна Степанівна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0001-8254-0737

Козіко Наталія Олександрівна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0003-0035-491X

Шумейко Микола Володимирович,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-1069-7652

Глушенко Олена Миколаївна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-5423-3737

Буткевич Тетяна Анатоліївна,

кандидат фармацевтичних наук,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-7570-6150

Нещодавні оцінки системи охорони здоров'я України під час війни виявляють нестачу кваліфікованого персоналу в галузі біотехнології та біоінженерії. У відповідь на це Україна зазнала швидкого розширення у сфері медицини та фармації завдяки реформам системи охорони здоров'я. Сьогодні пріоритетним завданням у біотехнології та біоінженерії є розроблення біопрепаратів, зокрема для лікування тяжких травм, розроблення біодобрив тощо. Провідні українські фармацевтичні компанії демонструють стабільне зростання, активно впроваджуючи інноваційні підходи. Ці зміни створили нагальну потребу в посиленні освіти в даній галузі та узгодженні навчальних програм для підготовки висококваліфікованого персоналу. Незважаючи на нагальні потреби в робочій силі, існує обмежена кількість даних, що описують структуровані, засновані на компетентностях моделі оновлення освітніх та робочих програм для навчання біотехнологів в умовах активного конфлікту.

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця вже з 2025 р. пропонує унікальну міждисциплінарну освіту на другому (магістерському) рівні вищої освіти, що поєднує практичні дослідження, теоретичне навчання, налагодження професійних контактів зі стейкхолдерами та просвітницьку діяльність. Здобувачів освіти навчають застосовувати отримані знання щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу, впровадження та вдосконалення систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів, визна-

чення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства. Як студенти, так і викладачі відзначали значне зростання міждисциплінарної наукової діяльності, зокрема публікацій, презентацій та фінансованих дослідницьких пропозицій, що стало безпосереднім результатом програми.

У статті висвітлено деякі ключові елементи робочих навчальних програм, які викладаються на кафедрі аптечної та промислової технології ліків НМУ імені О.О. Богомольця, описано їх реалізацію та наведено показники успішності.

Ключові слова: G21 «Біотехнології та біоінженерія», новітні технології виробництва біопрепаратів, система забезпечення якості біотехнологічної продукції, наноструктури в біотехнології, біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження, освіта.

Polova Zhanna, Nehoda Tetiana, Koziko Natalia, Shumeiko Mykola, Hlushchenko Olena, Butkevych Tetiana. Key components of successful studying in the specialty G21 “Biotechnology and Bioengineering” at the Bogomolets National Medical University

Recent assessments of Ukraine’s healthcare system during the war have highlighted a shortage of qualified personnel in the fields of biotechnology and bioengineering. In response, Ukraine has seen rapid expansion in the medical and pharmaceutical sectors thanks to healthcare reforms. At present, the priority in biotechnology and bioengineering is the development of biopharmaceuticals, particularly for the treatment of severe injuries, as well as the development of biofertilisers, etc. Leading Ukrainian pharmaceutical companies are demonstrating steady growth by actively implementing innovative approaches. These changes have created an urgent need to strengthen education in this sector and to harmonise training programmes aimed at preparing highly qualified personnel. Despite the pressing need for labour, there is a limited amount of data describing structured, competence-based models for updating educational and work programmes for training biotechnologists in the context of active conflict.

The «Industrial and Pharmaceutical Biotechnology» educational and professional programme at the O.O. Bogomolets National Medical University will, from 2025, offer a unique interdisciplinary course at the second (master’s) level of higher education, combining practical research, theoretical study, the establishment of professional contacts with stakeholders and outreach activities.

Students are taught to apply the knowledge they have acquired regarding the latest developments in the production of active pharmaceutical ingredients of microbiological origin and the manufacture of biopharmaceuticals within the context of biotechnological production facilities, as well as the equipment and apparatus used at various stages of the biotechnological process, the implementation and improvement of quality management systems for biotechnological products at all stages of the life cycle of biotechnological and bioengineering products, and the identification of future prospects the development of biotechnology products and their application in medicine, pharmacy and agriculture. Both students and lecturers noted a significant increase in interdisciplinary research activity, particularly in terms of publications, presentations and funded research proposals, which was a direct result of the programme. This article highlights some key elements of the working curricula taught at the Department of Pharmaceutical and Industrial Drug Technology Bogomolets National Medical University describes how these were implemented and provides performance indicators.

Key words: G21 «Biotechnology and Bioengineering», cutting-edge technologies for the production of biopreparations, quality assurance system for biotechnological products, nanostructures in biotechnology, biotechnology of plant and animal cells, education.

Вступ. Потреба у підготовці фахівців зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» постійно зростає. Із 2003 р. національні інститути здоров’я визнали біотехнологію та біоінженерію окремою галуззю у «Дорожній карті медичних досліджень» [1]. Наприклад, у 2007 р. стратегічний план Національної ініціативи США з нанотехнологій визначив як головну мету підготовку кадрів, кваліфікованих у застосуванні біотехнологій на благо суспільства [2]. А в 2009 р. Бюро статистики праці США прогнозувало, що до 2018 р. зайнятість на стику медицини, науки та інженерії зросте на 72% [3], що зробить цю сферу найдинамічнішою за темпами зростання у США.

Індивідуалізована медична допомога та діагностика – ще одна сфера, де біотехнологія покликана відігравати важливу роль, – нещодавно

була визначена Національною інженерною академією США як одна з 14 пріоритетних галузей, що потребують інженерних рішень у XXI ст. [4]. Протягом останнього десятиліття як США, так і Європейський Союз виділили кошти на створення спільних науково-дослідних центрів у галузі біотехнологій та біоінженерії. Наукові установи зараз мають унікальну можливість відіграти визначальну роль у навчанні та підготовці майбутніх лідерів у галузі біотехнологій [5–7].

Мета дослідження. Провести аналіз робочих навчальних програм із дисциплін, які вивчають здобувачі освіти за спеціальністю G21 «Біотехнології та біоінженерія».

Методи та дизайн дослідження. Для реалізації мети дослідження та розв’язання визначених завдань було застосовано комплекс загальнона-

укових і теоретичних методів. Аналіз, синтез та узагальнення науково-педагогічної літератури, нормативних документів та стандартів вищої освіти з метою уточнення понятійно-категоріального апарату дослідження в контексті підготовки магістрів за спеціальністю «Біотехнології та біоінженерія».

Результати дослідження. Для досягнення цієї мети навчальні програми, зокрема всі наукові, біотехнологічні та інженерні дисципліни, повинні бути розроблені так, щоб розвивати у студентів професійні компетентності, такі як уміння застосовувати сучасні інженерні методи, комунікативні навички, здатність працювати в команді та навички вирішення проблем [8; 9].

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця, заснована у 2025 р., є прикладом успішної програми підготовки на рівні магістра в галузі біотехнології та біоінженерії, спрямована на підготовку фахівців, здатних на високому рівні професійної компетентності використовувати живі організми або їхні компоненти шляхом біологічного синтезу чи біотрансформації для потреб фармацевтичної, харчової промисловості, сільського господарства, екології та суміжних сфер, зосереджених на міждисциплінарній дослідницькій темі. Ця освітньо-професійна програма дає змогу учасникам здобувати фундаментальну підготовку з молекулярної біології, промислової та фармацевтичної біотехнології з практичним опануванням ключових напрямів прикладної біотехнології, зокрема ґрунтовно вивчати біофармацевтику, біотехнологію клітин рослинного та тваринного походження, інженерію біоматеріалів.

У цій статті ми визначаємо ключові елементи робочих навчальних програм: «Новітні технології виробництва біопрепаратів», «Система забезпечення якості біотехнологічної продукції», «Наноструктури в біотехнології», «Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження», описуємо переваги та виклики їх впровадження, а також повідомляємо про перші результати, які можна вважати показниками успіху.

Робочі навчальні програми з дисциплін, які викладаються на кафедрі аптекної та промислової технології ліків Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, а саме: «Новітні технології виробництва біопрепаратів», «Система забезпечення якості біотехнологічної продукції», «Наноструктури в біотехнології», «Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження», «Дизайн лікарських засобів», «Система GMP біо-

технологічних виробництв», «Біотехнологія косметичної продукції», «Процеси і апарати біотехнологічного виробництва», мають на меті збагатити досвід здобувачів освіти, які отримали базові знання на попередньому першому (бакалаврському) рівні вищої освіти у традиційних дисциплінах науки, технологій, інженерії та математики, шляхом формування теоретичних знань та практичних навичок щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу; впровадження та вдосконалення систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів; визначення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства, навчити розуміти фізико-хімічні особливості наноструктурованих матеріалів.

З огляду на глибоко міждисциплінарний характер дисциплін, викладачі кафедри аптекної та промислової технології ліків поставили собі за мету надати студентам навички та знання оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження та основні принципи розроблення та одержання активних фармацевтичних інгредієнтів, лікарських засобів та інших біопрепаратів із використанням біотехнологічних технологій, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині; здійснювати оптимізацію поживних середовищ, вибирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напрямку біотехнології; оцінювати, аналізувати та вибирати варіанти рішень з управління складними біотехнологічними процесами.

Для реалізації цілей наших навчальних робочих програм ми розробили навчальний план, що поєднує дослідницьку практику, теоретичне навчання (табл. 1). Заходи, спеціально розроблені для програм, включають як лекційні заняття, так і практичні, формалізоване спільне наставництво для кожного студента, обов'язкове проходження практики та просвітницькі заходи. Щоб забезпечити глибоке засвоєння учасниками знань у їхній основній спеціалізації, студенти продовжують виконувати всі вимоги щодо здобуття магістерського рівня вищої освіти на своєму базовому факультеті [10].

Таблиця 1

Стратегії освіти в галузі біотехнології та біоінженерії

Цілі програми для учасників	Стратегії реалізації
Глибина знань	Навчальні курси з дисциплін STEM Випускна кваліфікаційна робота
Широта знань	Серія лекцій та практичних занять
Навички міждисциплінарних досліджень	Науково-дослідний проєкт під керівництвом наставника в галузі біотехнології Внутрішнє спільне наставництво Зовнішнє спільне наставництво та/або академічне стажування
Комунікація та робота в команді	Навчальні курси з оцінкою навичок написання та презентації Публікація тез доповідей Виступи на академічних/професійних конференціях Неформальні виїзні заходи та групові зустрічі
Підготовка до неакадемічної кар'єри	Виробнича практика на виробничих підприємствах
Просвітницька діяльність	Можливості для індивідуальної та командної просвітницької діяльності Участь у наставництві учнів середніх шкіл та студентів бакалаврату
Розширення міжнародного світогляду	Участь у міжнародних конференціях

Скорочення: STEM – наука, технологія, інженерія та математика.

Було розроблено вісім навчальних робочих програм із дисциплін (табл. 2), які знайомлять студентів із науковими та інженерними концепціями, важливими для біотехнології та біоінженерії.

У 2025–2026 навчальному році на кафедрі аптечної та промислової технології ліків здобува-

чами освіти вивчалися перші чотири дисципліни, представлені в табл. 2. Наступні дисципліни передбачені для вивчення у 2026–2027 навчальному році. Кредити ECTS – години, відведені на аудиторне навантаження (лекції та практичні заняття), були розподілені так (рис. 1).

Таблиця 2

Освітні компоненти освітньо-професійної програми G21 «Біотехнології та біоінженерія»

Компоненти освітньо-професійної програми	Дисципліна	Зміст
1	2	3
ОК	Новітні технології виробництва біопрепаратів	Лекції та практичні заняття, присвячені формуванню у здобувачів вищої освіти знань щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу, визначення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства.
ОК	Система забезпечення якості біотехнологічної продукції	Лекції та практичні заняття, які сприяють формуванню комплексних знань і компетенцій щодо існуючих загальних принципів, методів, системних підходів у розробленні, впровадженні та вдосконаленні систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів.
ВК	Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження	Практичні заняття, що дають змогу оволодіти базовими знаннями та навичками використання культур клітин рослинного та тваринного походження в біотехнологічному виробництві.
ВК	Наноструктури в біотехнології	Практичні заняття, що дають змогу оволодіти практичними навичками щодо створення нових наноматеріалів та розуміння методів їх застосування для діагностики, лікування.

Продовження таблиці 2

1	2	3
ОК	Дизайн лікарських засобів	Лекції та практичні заняття, присвячені науково-дослідній роботі з фармацевтичного розроблення лікарських препаратів у вигляді різноманітних лікарських форм відповідно до вимог чинного законодавства, документального оформлення усіх етапів розроблення нових лікарських препаратів.
ВК	Система GMP біотехнологічних виробництв	Практичні заняття щодо вивчення системних підходів у розробленні, упровадженні та вдосконаленні систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів.
ВК	Біотехнологія косметичної продукції	Практичні заняття щодо основних принципів одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва косметичних засобів в умовах біотехнологічних виробництв.
ВК	Процеси і апарати біотехнологічного виробництва	Лекції та практичні заняття, присвячені вивченню існуючих загальних принципів, методів, системних підходів у розробленні, впровадженні та вдосконаленні технологічних та апаратурних схем виробництва біотехнологічних та біоінженерних продуктів.

Скорочення: ОК – основна компонента, ВК – вибіркова компонента

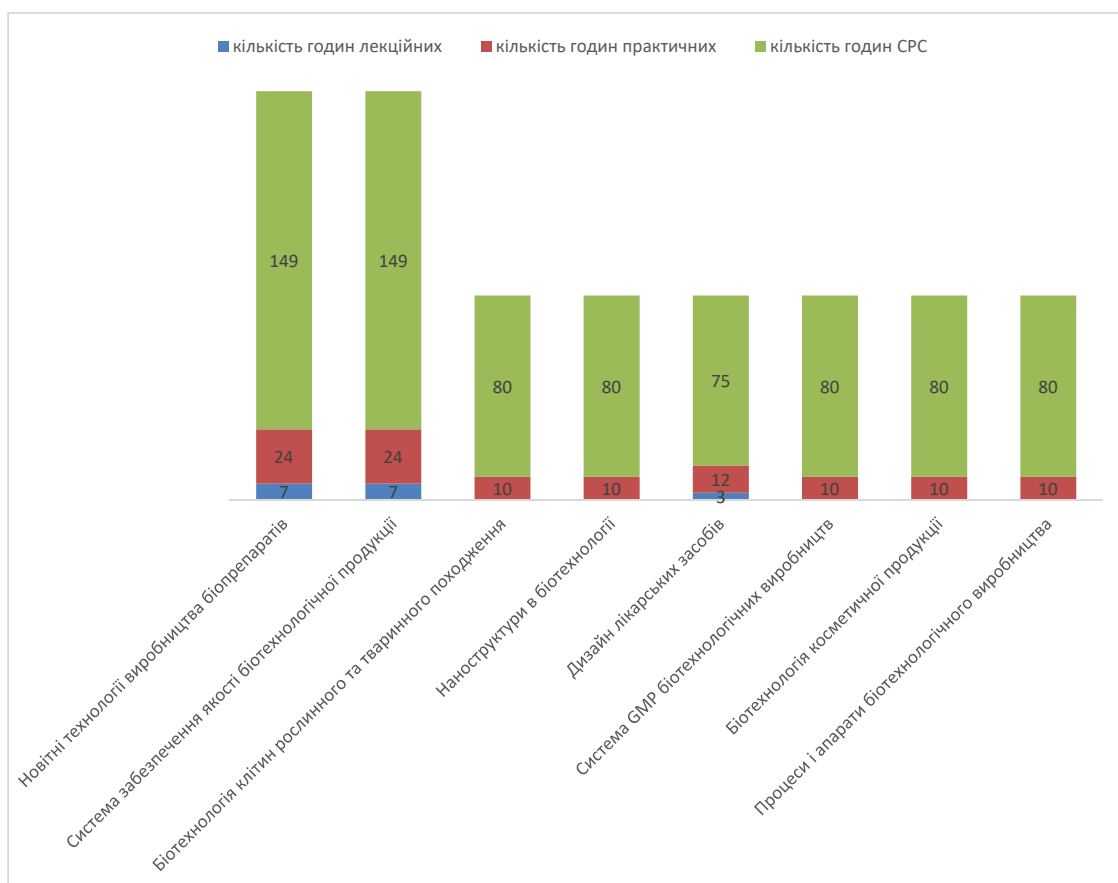


Рис. 1. Розподіл освітніх компонент у контексті аудиторного навантаження

Зазначимо, що вивчення даних дисциплін у 2025–2026 навчальному році відбувалося студентами заочної форми навчання, тому кількість годин, відведена на самостійну роботу студентів, є обґрунтованою, третина аудиторних годин навантаження студентів денної форми відводиться для вивчення дисципліни студентами заочної форми.

Як бачимо з рис. 1, для деяких дисциплін не передбачені лекції, саме так, заміна традиційних лекцій на більш практичне навчання є надзвичайно важливою умовою для розвитку професійних та комунікативних навичок студентів.

З огляду на велику кількість навчальних заходів, студенти стикаються зі значними трудно-

щами у поєднанні навчальних занять, наукових досліджень, заходів із професійного розвитку. Провівши опитування здобувачів освіти стосовно труднощів у навчанні вже після вивчення дисциплін, ми отримали такі відповіді (рис. 2).

Як можемо бачити з відповідей здобувачів освіти, на першому місці серед труднощів у навчанні є дефіцит часу (100%). Це і не є дивним, адже в сьогоdnішніх умовах найбільша проблема – це балансування між професійними обов’язками, особистим життям та сесіями. Хронічна втома на другому місці серед чинників (60%), які визначають труднощі у навчанні, що є обґрунтованим в умовах сьогоdnення та повномасштабної війни. Низька ефективність самоосвіти, проблеми з командною роботою та втрата фокусу на знання розподілили третє місце серед чинників (40%), які викликають труднощі під час навчання. Найменший відсоток серед труднощів у навчанні зайняв показник комунікації з викладачами (20%), і це, на нашу думку, результат плідної праці колективу кафедри, який максимально в умовах сьогоdnення намагався створити умови для навчання студентів заочної форми навчання без утрати якості. Ми зрозуміли, що через стислі терміни сесій та нечасті консультації виникають труднощі з детальним розбором складних тем, тому колективом кафедри аптечної та промислової технології ліків запроваджено консультації не лише в період сесій, а й у міжсесійний період, що і дало позитивний результат, який ми можемо бачити під час складання кінцевих контролів (іспитів та диференційованих заліків) (рис. 3).

Як видно з рис. 3, здобувачі освіти отримали під час складання кінцевих контролів лише позитивні оцінки «відмінно», «добре».

Окрім того, викладачами кафедри та здобувачами освіти постійно проводиться науково-дослідна робота, адже публікацію тез доповідей та презентацію наукових даних на конференціях можна вважати одним із показників успішності навчальних програм. За навчальний рік здобувачами освіти під керівництвом викладачів кафедри було взято участь у всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях.

Обговорення. Створення навчальних робочих програм зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» є надзвичайно складним завданням, оскільки ця галузь приваблює студентів із різних дисциплін і вимагає від них набуття як широких, так і глибоких знань для досягнення успіху на вибраному кар’єрному шляху. На етапі започаткування програм ми передбачали, що такі спеціалізовані програми навчать студентів інтегрувати нові знання, ідеї та навички з погляду двох або більше дисциплін. Модель, яку ми впровадили, базувалася на дослідницькій практиці, дидактичному навчанні, налагодженні контактів та просвітницькій діяльності, зосереджених на комплексній темі біотехнологій та біоінженерії. Завдяки поєднанню лекцій та практичних занять студенти мали змогу познайомитися з широким колом дослідників, підприємців та фахівців. Були створені можливості як для формального, так і для неформального спілкування, зокрема під час відвідування студентами виробничих підприємств, з

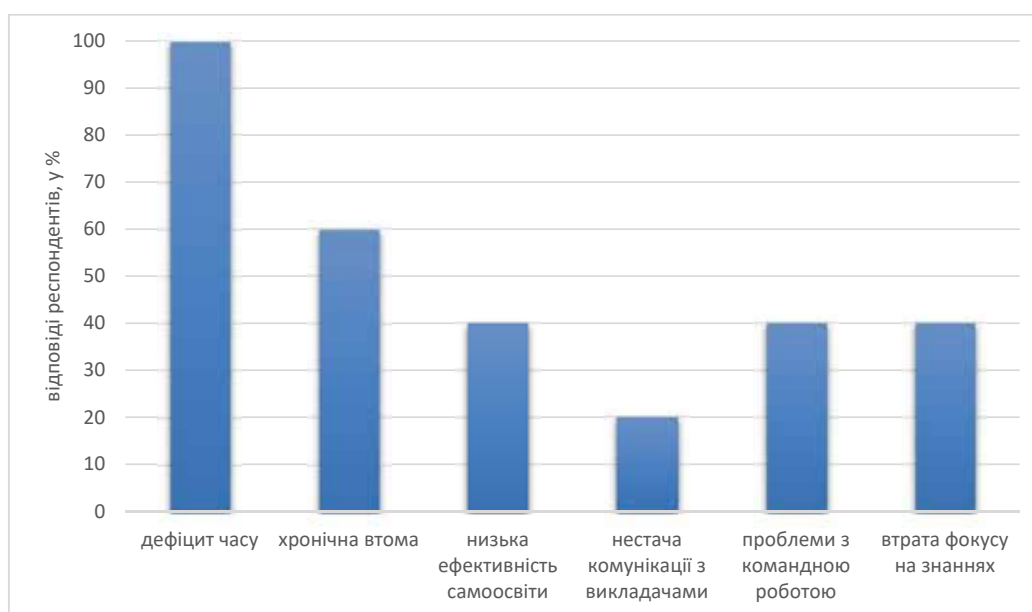


Рис. 2. Відповіді здобувачів освіти стосовно труднощів у навчанні

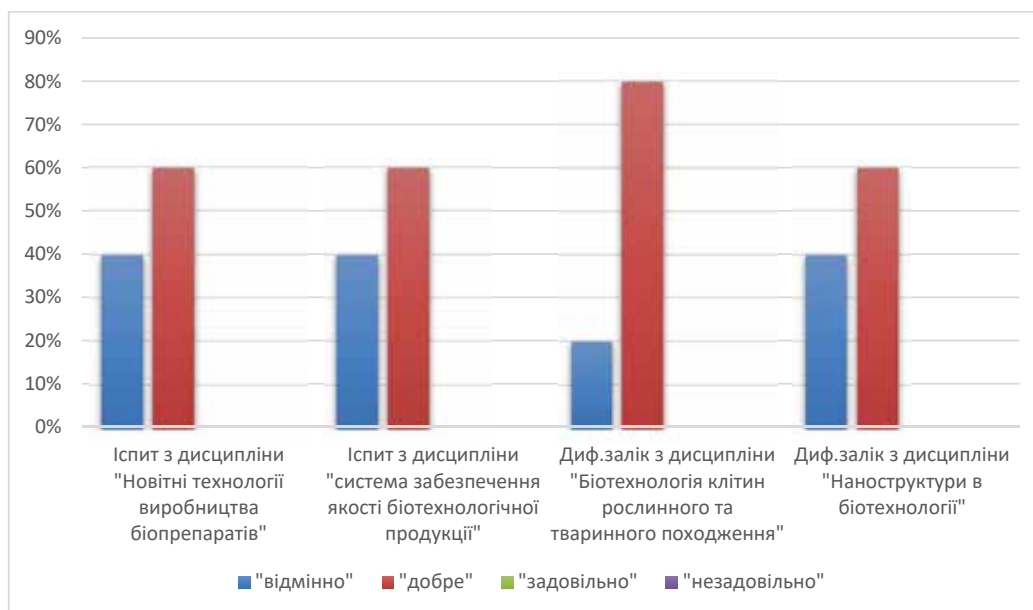


Рис. 3. Успішність складання іспитів та диференційованих заліків з освітніх компонент

якими кафедра уклала договори про співпрацю, щоб ознайомити студентів із різноманітними кар'єрними шляхами та поглибити їх розуміння навичок, необхідних для досягнення успіху. Статистичні дані свідчать про те, що учасники програми усвідомили значення своєї підготовки та що ця підготовка була достатньо ґрунтовною, аби підготувати їх до кар'єри у сфері біотехнологій та біоінженерії.

Висновки. Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця є добре налагодженою програмою підготовки на другому (магістерському) рівні вищої освіти зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». Хоча визначити показники успіху для такої глибоко міждисциплінарної програми досить складно, ми виділили кілька кількісно вимірюваних результатів, які, на нашу

думку, свідчать про успіх. До них належать наукові досягнення, такі як публікації, доповіді на науково-практичних конференціях, зв'язок зістейкхолдерами. Як викладачі, так і студенти, що навчаються за цією освітньо-професійною програмою, продемонстрували довгостроковий інтерес до біотехнології, про що свідчить їхня схильність до побудови кар'єри в галузі біотехнологічних досліджень. Ми вважаємо, що успіх програми зумовлений низкою чинників, серед яких чітко визначений навчальний план, що поєднує наукові дослідження із цілеспрямованими механізмами освіти та підготовки; поєднання аудиторних занять, налагодження контактів та просвітницьких заходів для особистого та професійного розвитку; високо мотивований та різноманітний контингент абітурієнтів; високоактивний та різноманітний контингент викладачів, а також сприятливе освітнє середовище.

Список літератури:

1. Zerhouni E. A. Translational and clinical science-time for a new vision. *N Engl J Med*, 2006, 354.9: 978–979.
2. Köhler, Johann Michael. Challenges for nanotechnology. *Encyclopedia*, 2021, 1.3: 618–631.
3. Richards Emily, Terkanian Dave. Occupational employment projections to 2022. *Monthly Labor Review*, 2013.
4. Fleming Gabriella Coloyan, Borrego Maura, Knight David. Engineering graduate education in the United States. In: *International handbook of engineering education research*. Routledge, 2023. p. 263–285.
5. Kazi, Raisa Nazir Ahmed, et al. Nanomedicine: the effective role of nanomaterials in healthcare from diagnosis to therapy. *Pharmaceutics*, 2025, 17.8: 987.
6. Malik Shiza, Muhammad Khalid, Waheed Yasir. Emerging applications of nanotechnology in healthcare and medicine. *Molecules*, 2023, 28.18: 6624.
7. Haleem Abid, et al. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 2023, 7.2: 70–77.
8. Чубіна Т., Дулгерова О. Деякі аспекти формування компетентності майбутніх фахівців. 2025.
9. Драгомирецька О. О. Формування комунікативної компетентності студентів-іноземців у технічних університетах. 2023. PhD Thesis. Ізмаїл, 2023.
10. Кисіль А. О. Адаптація вітчизняної вищої освіти до сучасних соціальних та політичних викликів. 2025.

References:

1. Zerhouni, E. A. (2006). Translational and clinical science-time for a new vision. *N Engl J Med*, 354(9), 978–979.
2. Köhler, J. M. (2021). Challenges for nanotechnology. *Encyclopedia*, 1(3), 618–631.
3. Richards, E., & Terkanian, D. (2013). Occupational employment projections to 2022. *Monthly Labor Review*.
4. Fleming, G. C., Borrego, M., & Knight, D. (2023). Engineering graduate education in the United States. In *International handbook of engineering education research* (pp. 263–285). Routledge.
5. Kazi, R. N. A., Hasani, I. W., Khafaga, D. S., Kabba, S., Farhan, M., Aatif, M., ... & Fahim, Y. A. (2025). Nanomedicine: the effective role of nanomaterials in healthcare from diagnosis to therapy. *Pharmaceutics*, 17(8), 987.
6. Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Emerging applications of nanotechnology in healthcare and medicine. *Molecules*, 28(18), 6624.
7. Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2023). Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 7(2), 70–77.
8. Chubina, T., & Dulherova, O. (2025). Some aspects of competence development in future professionals.
9. Drahomyretska, O. O. (2023). Development of communicative competence among international students at technical universities (Doctoral dissertation, Izmail State University of Humanities, Izmail, 2023).
10. Kysil, A. O. (2025). Adaptation of domestic higher education to contemporary social and political challenges.

Дата першого надходження статті до видання: 26.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 14.09.2026

КЛЮЧОВІ СКЛАДНИКИ УСПІШНОГО НАВЧАННЯ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ G21 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ» В НАЦІОНАЛЬНОМУ МЕДИЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

Полова Жанна Миколаївна,

доктор фармацевтичних наук, професор,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-1874-2841

Негода Тетяна Степанівна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0001-8254-0737

Козіко Наталія Олександрівна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0003-0035-491X

Шумейко Микола Володимирович,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-1069-7652

Глушенко Олена Миколаївна,

кандидат фармацевтичних наук, доцент,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-5423-3737

Буткевич Тетяна Анатоліївна,

кандидат фармацевтичних наук,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-7570-6150

Нещодавні оцінки системи охорони здоров'я України під час війни виявляють нестачу кваліфікованого персоналу в галузі біотехнології та біоінженерії. У відповідь на це Україна зазнала швидкого розширення у сфері медицини та фармації завдяки реформам системи охорони здоров'я. Сьогодні пріоритетним завданням у біотехнології та біоінженерії є розроблення біопрепаратів, зокрема для лікування тяжких травм, розроблення біодобрив тощо. Провідні українські фармацевтичні компанії демонструють стабільне зростання, активно впроваджуючи інноваційні підходи. Ці зміни створили нагальну потребу в посиленні освіти в даній галузі та узгодженні навчальних програм для підготовки висококваліфікованого персоналу. Незважаючи на нагальні потреби в робочій силі, існує обмежена кількість даних, що описують структуровані, засновані на компетентностях моделі оновлення освітніх та робочих програм для навчання біотехнологів в умовах активного конфлікту.

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця вже з 2025 р. пропонує унікальну міждисциплінарну освіту на другому (магістерському) рівні вищої освіти, що поєднує практичні дослідження, теоретичне навчання, налагодження професійних контактів зі стейкхолдерами та просвітницьку діяльність. Здобувачів освіти навчають застосовувати отримані знання щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу, впровадження та вдосконалення систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів, визна-

чення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства. Як студенти, так і викладачі відзначали значне зростання міждисциплінарної наукової діяльності, зокрема публікацій, презентацій та фінансованих дослідницьких пропозицій, що стало безпосереднім результатом програми.

У статті висвітлено деякі ключові елементи робочих навчальних програм, які викладаються на кафедрі аптечної та промислової технології ліків НМУ імені О.О. Богомольця, описано їх реалізацію та наведено показники успішності.

Ключові слова: G21 «Біотехнології та біоінженерія», новітні технології виробництва біопрепаратів, система забезпечення якості біотехнологічної продукції, наноструктури в біотехнології, біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження, освіта.

Polova Zhanna, Nehoda Tetiana, Koziko Natalia, Shumeiko Mykola, Hlushchenko Olena, Butkevych Tetiana. Key components of successful studying in the specialty G21 “Biotechnology and Bioengineering” at the Bogomolets National Medical University

Recent assessments of Ukraine’s healthcare system during the war have highlighted a shortage of qualified personnel in the fields of biotechnology and bioengineering. In response, Ukraine has seen rapid expansion in the medical and pharmaceutical sectors thanks to healthcare reforms. At present, the priority in biotechnology and bioengineering is the development of biopharmaceuticals, particularly for the treatment of severe injuries, as well as the development of biofertilisers, etc. Leading Ukrainian pharmaceutical companies are demonstrating steady growth by actively implementing innovative approaches. These changes have created an urgent need to strengthen education in this sector and to harmonise training programmes aimed at preparing highly qualified personnel. Despite the pressing need for labour, there is a limited amount of data describing structured, competence-based models for updating educational and work programmes for training biotechnologists in the context of active conflict.

The «Industrial and Pharmaceutical Biotechnology» educational and professional programme at the O.O. Bogomolets National Medical University will, from 2025, offer a unique interdisciplinary course at the second (master’s) level of higher education, combining practical research, theoretical study, the establishment of professional contacts with stakeholders and outreach activities.

Students are taught to apply the knowledge they have acquired regarding the latest developments in the production of active pharmaceutical ingredients of microbiological origin and the manufacture of biopharmaceuticals within the context of biotechnological production facilities, as well as the equipment and apparatus used at various stages of the biotechnological process, the implementation and improvement of quality management systems for biotechnological products at all stages of the life cycle of biotechnological and bioengineering products, and the identification of future prospects the development of biotechnology products and their application in medicine, pharmacy and agriculture. Both students and lecturers noted a significant increase in interdisciplinary research activity, particularly in terms of publications, presentations and funded research proposals, which was a direct result of the programme. This article highlights some key elements of the working curricula taught at the Department of Pharmaceutical and Industrial Drug Technology Bogomolets National Medical University describes how these were implemented and provides performance indicators.

Key words: G21 «Biotechnology and Bioengineering», cutting-edge technologies for the production of biopreparations, quality assurance system for biotechnological products, nanostructures in biotechnology, biotechnology of plant and animal cells, education.

Вступ. Потреба у підготовці фахівців зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» постійно зростає. Із 2003 р. національні інститути здоров’я визнали біотехнологію та біоінженерію окремою галуззю у «Дорожній карті медичних досліджень» [1]. Наприклад, у 2007 р. стратегічний план Національної ініціативи США з нанотехнологій визначив як головну мету підготовку кадрів, кваліфікованих у застосуванні біотехнологій на благо суспільства [2]. А в 2009 р. Бюро статистики праці США прогнозувало, що до 2018 р. зайнятість на стику медицини, науки та інженерії зросте на 72% [3], що зробить цю сферу найдинамічнішою за темпами зростання у США.

Індивідуалізована медична допомога та діагностика – ще одна сфера, де біотехнологія покликана відігравати важливу роль, – нещодавно

була визначена Національною інженерною академією США як одна з 14 пріоритетних галузей, що потребують інженерних рішень у XXI ст. [4]. Протягом останнього десятиліття як США, так і Європейський Союз виділили кошти на створення спільних науково-дослідних центрів у галузі біотехнологій та біоінженерії. Наукові установи зараз мають унікальну можливість відіграти визначальну роль у навчанні та підготовці майбутніх лідерів у галузі біотехнологій [5–7].

Мета дослідження. Провести аналіз робочих навчальних програм із дисциплін, які вивчають здобувачі освіти за спеціальністю G21 «Біотехнології та біоінженерія».

Методи та дизайн дослідження. Для реалізації мети дослідження та розв’язання визначених завдань було застосовано комплекс загальнона-

укових і теоретичних методів. Аналіз, синтез та узагальнення науково-педагогічної літератури, нормативних документів та стандартів вищої освіти з метою уточнення понятійно-категоріального апарату дослідження в контексті підготовки магістрів за спеціальністю «Біотехнології та біоінженерія».

Результати дослідження. Для досягнення цієї мети навчальні програми, зокрема всі наукові, біотехнологічні та інженерні дисципліни, повинні бути розроблені так, щоб розвивати у студентів професійні компетентності, такі як уміння застосовувати сучасні інженерні методи, комунікативні навички, здатність працювати в команді та навички вирішення проблем [8; 9].

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця, заснована у 2025 р., є прикладом успішної програми підготовки на рівні магістра в галузі біотехнології та біоінженерії, спрямована на підготовку фахівців, здатних на високому рівні професійної компетентності використовувати живі організми або їхні компоненти шляхом біологічного синтезу чи біотрансформації для потреб фармацевтичної, харчової промисловості, сільського господарства, екології та суміжних сфер, зосереджених на міждисциплінарній дослідницькій темі. Ця освітньо-професійна програма дає змогу учасникам здобувати фундаментальну підготовку з молекулярної біології, промислової та фармацевтичної біотехнології з практичним опануванням ключових напрямів прикладної біотехнології, зокрема ґрунтовно вивчати біофармацевтику, біотехнологію клітин рослинного та тваринного походження, інженерію біоматеріалів.

У цій статті ми визначаємо ключові елементи робочих навчальних програм: «Новітні технології виробництва біопрепаратів», «Система забезпечення якості біотехнологічної продукції», «Наноструктури в біотехнології», «Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження», описуємо переваги та виклики їх впровадження, а також повідомляємо про перші результати, які можна вважати показниками успіху.

Робочі навчальні програми з дисциплін, які викладаються на кафедрі аптекної та промислової технології ліків Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, а саме: «Новітні технології виробництва біопрепаратів», «Система забезпечення якості біотехнологічної продукції», «Наноструктури в біотехнології», «Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження», «Дизайн лікарських засобів», «Система GMP біо-

технологічних виробництв», «Біотехнологія косметичної продукції», «Процеси і апарати біотехнологічного виробництва», мають на меті збагатити досвід здобувачів освіти, які отримали базові знання на попередньому першому (бакалаврському) рівні вищої освіти у традиційних дисциплінах науки, технологій, інженерії та математики, шляхом формування теоретичних знань та практичних навичок щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу; впровадження та вдосконалення систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів; визначення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства, навчити розуміти фізико-хімічні особливості наноструктурованих матеріалів.

З огляду на глибоко міждисциплінарний характер дисциплін, викладачі кафедри аптекної та промислової технології ліків поставили собі за мету надати студентам навички та знання оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження та основні принципи розроблення та одержання активних фармацевтичних інгредієнтів, лікарських засобів та інших біопрепаратів із використанням біотехнологічних технологій, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині; здійснювати оптимізацію поживних середовищ, вибирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напрямку біотехнології; оцінювати, аналізувати та вибирати варіанти рішень з управління складними біотехнологічними процесами.

Для реалізації цілей наших навчальних робочих програм ми розробили навчальний план, що поєднує дослідницьку практику, теоретичне навчання (табл. 1). Заходи, спеціально розроблені для програм, включають як лекційні заняття, так і практичні, формалізоване спільне наставництво для кожного студента, обов'язкове проходження практики та просвітницькі заходи. Щоб забезпечити глибоке засвоєння учасниками знань у їхній основній спеціалізації, студенти продовжують виконувати всі вимоги щодо здобуття магістерського рівня вищої освіти на своєму базовому факультеті [10].

Таблиця 1

Стратегії освіти в галузі біотехнології та біоінженерії

Цілі програми для учасників	Стратегії реалізації
Глибина знань	Навчальні курси з дисциплін STEM Випускна кваліфікаційна робота
Широта знань	Серія лекцій та практичних занять
Навички міждисциплінарних досліджень	Науково-дослідний проєкт під керівництвом наставника в галузі біотехнології Внутрішнє спільне наставництво Зовнішнє спільне наставництво та/або академічне стажування
Комунікація та робота в команді	Навчальні курси з оцінкою навичок написання та презентації Публікація тез доповідей Виступи на академічних/професійних конференціях Неформальні виїзні заходи та групові зустрічі
Підготовка до неакадемічної кар'єри	Виробнича практика на виробничих підприємствах
Просвітницька діяльність	Можливості для індивідуальної та командної просвітницької діяльності Участь у наставництві учнів середніх шкіл та студентів бакалаврату
Розширення міжнародного світогляду	Участь у міжнародних конференціях

Скорочення: STEM – наука, технологія, інженерія та математика.

Було розроблено вісім навчальних робочих програм із дисциплін (табл. 2), які знайомлять студентів із науковими та інженерними концепціями, важливими для біотехнології та біоінженерії.

У 2025–2026 навчальному році на кафедрі аптечної та промислової технології ліків здобува-

чами освіти вивчалися перші чотири дисципліни, представлені в табл. 2. Наступні дисципліни передбачені для вивчення у 2026–2027 навчальному році. Кредити ECTS – години, відведені на аудиторне навантаження (лекції та практичні заняття), були розподілені так (рис. 1).

Таблиця 2

Освітні компоненти освітньо-професійної програми G21 «Біотехнології та біоінженерія»

Компоненти освітньо-професійної програми	Дисципліна	Зміст
1	2	3
ОК	Новітні технології виробництва біопрепаратів	Лекції та практичні заняття, присвячені формуванню у здобувачів вищої освіти знань щодо новітніх розробок одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва біопрепаратів в умовах біотехнологічних виробництв, обладнання та апаратури, які використовуються на різних стадіях біотехнологічного процесу, визначення перспектив розвитку виробництв продуктів біотехнології та їх використання для потреб медицини, фармації та сільського господарства.
ОК	Система забезпечення якості біотехнологічної продукції	Лекції та практичні заняття, які сприяють формуванню комплексних знань і компетенцій щодо існуючих загальних принципів, методів, системних підходів у розробленні, впровадженні та вдосконаленні систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів.
ВК	Біотехнологія клітин рослинного та тваринного походження	Практичні заняття, що дають змогу оволодіти базовими знаннями та навичками використання культур клітин рослинного та тваринного походження в біотехнологічному виробництві.
ВК	Наноструктури в біотехнології	Практичні заняття, що дають змогу оволодіти практичними навичками щодо створення нових наноматеріалів та розуміння методів їх застосування для діагностики, лікування.

Продовження таблиці 2

1	2	3
ОК	Дизайн лікарських засобів	Лекції та практичні заняття, присвячені науково-дослідній роботі з фармацевтичного розроблення лікарських препаратів у вигляді різноманітних лікарських форм відповідно до вимог чинного законодавства, документального оформлення усіх етапів розроблення нових лікарських препаратів.
ВК	Система GMP біотехнологічних виробництв	Практичні заняття щодо вивчення системних підходів у розробленні, упровадженні та вдосконаленні систем управління якістю біотехнологічної продукції на всіх етапах життєвого циклу біотехнологічних та біоінженерних продуктів.
ВК	Біотехнологія косметичної продукції	Практичні заняття щодо основних принципів одержання активних фармацевтичних інгредієнтів мікробіологічного походження та виробництва косметичних засобів в умовах біотехнологічних виробництв.
ВК	Процеси і апарати біотехнологічного виробництва	Лекції та практичні заняття, присвячені вивченню існуючих загальних принципів, методів, системних підходів у розробленні, впровадженні та вдосконаленні технологічних та апаратурних схем виробництва біотехнологічних та біоінженерних продуктів.

Скорочення: ОК – основна компонента, ВК – вибіркова компонента

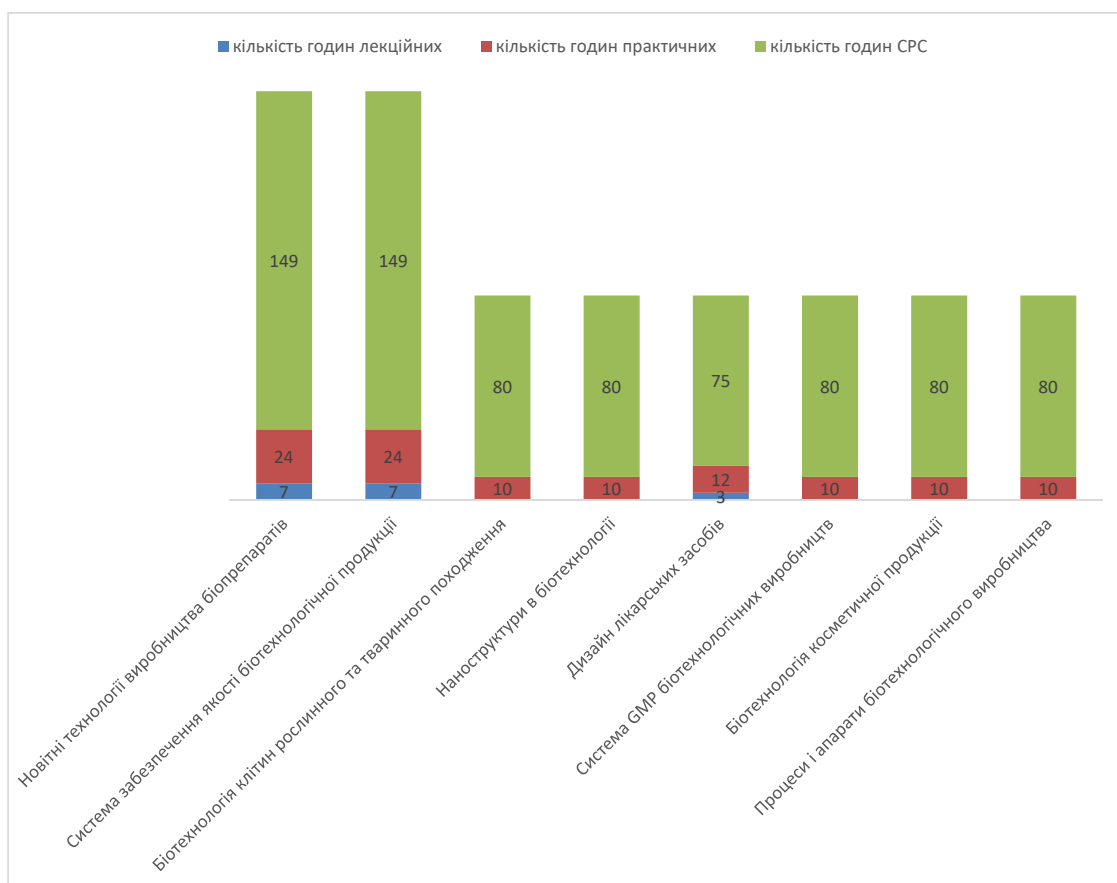


Рис. 1. Розподіл освітніх компонент у контексті аудиторного навантаження

Зазначимо, що вивчення даних дисциплін у 2025–2026 навчальному році відбувалося студентами заочної форми навчання, тому кількість годин, відведена на самостійну роботу студентів, є обґрунтованою, третина аудиторних годин навантаження студентів денної форми відводиться для вивчення дисципліни студентами заочної форми.

Як бачимо з рис. 1, для деяких дисциплін не передбачені лекції, саме так, заміна традиційних лекцій на більш практичне навчання є надзвичайно важливою умовою для розвитку професійних та комунікативних навичок студентів.

З огляду на велику кількість навчальних заходів, студенти стикаються зі значними трудно-

щами у поєднанні навчальних занять, наукових досліджень, заходів із професійного розвитку. Провівши опитування здобувачів освіти стосовно труднощів у навчанні вже після вивчення дисциплін, ми отримали такі відповіді (рис. 2).

Як можемо бачити з відповідей здобувачів освіти, на першому місці серед труднощів у навчанні є дефіцит часу (100%). Це і не є дивним, адже в сьогоdnішніх умовах найбільша проблема – це балансування між професійними обов’язками, особистим життям та сесіями. Хронічна втома на другому місці серед чинників (60%), які визначають труднощі у навчанні, що є обґрунтованим в умовах сьогоdnення та повномасштабної війни. Низька ефективність самоосвіти, проблеми з командною роботою та втрата фокусу на знання розподілили третє місце серед чинників (40%), які викликають труднощі під час навчання. Найменший відсоток серед труднощів у навчанні зайняв показник комунікації з викладачами (20%), і це, на нашу думку, результат плідної праці колективу кафедри, який максимально в умовах сьогоdnення намагався створити умови для навчання студентів заочної форми навчання без утрати якості. Ми зрозуміли, що через стислі терміни сесій та нечасті консультації виникають труднощі з детальним розбором складних тем, тому колективом кафедри аптечної та промислової технології ліків запроваджено консультації не лише в період сесій, а й у міжсесійний період, що і дало позитивний результат, який ми можемо бачити під час складання кінцевих контролів (іспитів та диференційованих заліків) (рис. 3).

Як видно з рис. 3, здобувачі освіти отримали під час складання кінцевих контролів лише позитивні оцінки «відмінно», «добре».

Окрім того, викладачами кафедри та здобувачами освіти постійно проводиться науково-дослідна робота, адже публікацію тез доповідей та презентацію наукових даних на конференціях можна вважати одним із показників успішності навчальних програм. За навчальний рік здобувачами освіти під керівництвом викладачів кафедри було взято участь у всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях.

Обговорення. Створення навчальних робочих програм зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» є надзвичайно складним завданням, оскільки ця галузь приваблює студентів із різних дисциплін і вимагає від них набуття як широких, так і глибоких знань для досягнення успіху на вибраному кар’єрному шляху. На етапі започаткування програм ми передбачали, що такі спеціалізовані програми навчать студентів інтегрувати нові знання, ідеї та навички з погляду двох або більше дисциплін. Модель, яку ми впровадили, базувалася на дослідницькій практиці, дидактичному навчанні, налагодженні контактів та просвітницькій діяльності, зосереджених на комплексній темі біотехнологій та біоінженерії. Завдяки поєднанню лекцій та практичних занять студенти мали змогу познайомитися з широким колом дослідників, підприємців та фахівців. Були створені можливості як для формального, так і для неформального спілкування, зокрема під час відвідування студентами виробничих підприємств, з

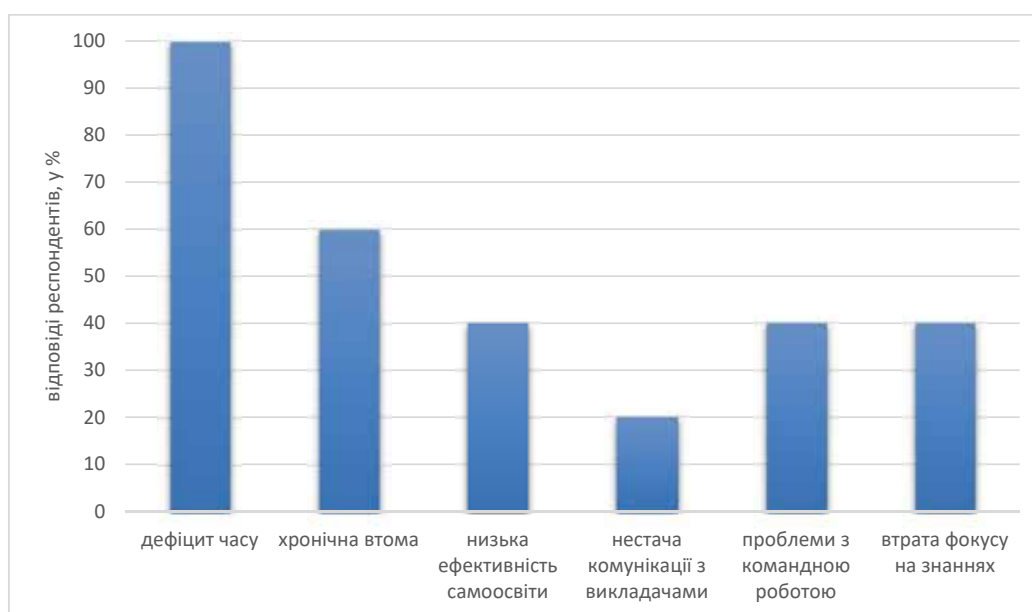


Рис. 2. Відповіді здобувачів освіти стосовно труднощів у навчанні

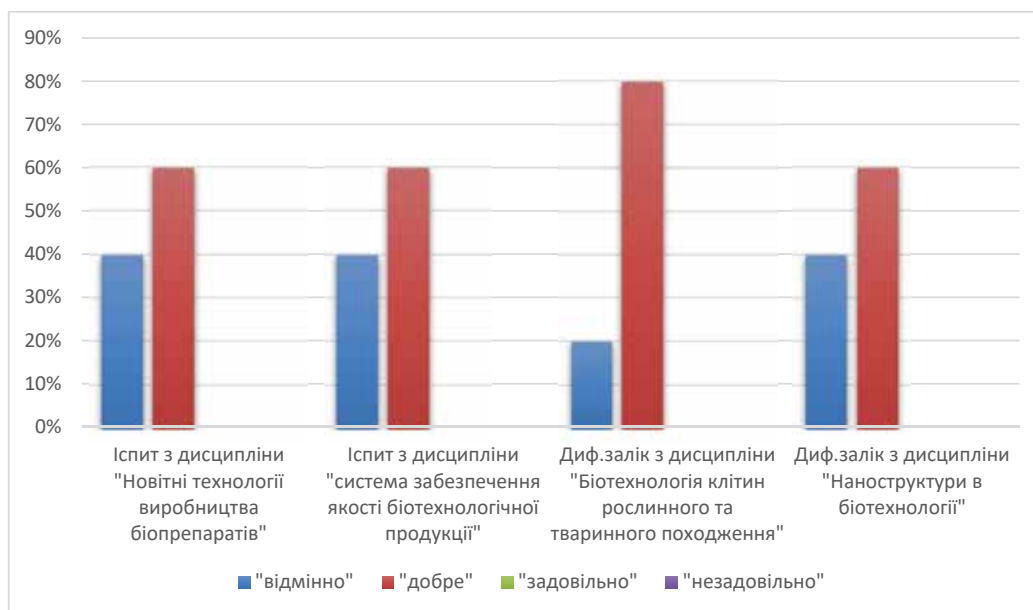


Рис. 3. Успішність складання іспитів та диференційованих заліків з освітніх компонент

якими кафедра уклала договори про співпрацю, щоб ознайомити студентів із різноманітними кар'єрними шляхами та поглибити їх розуміння навичок, необхідних для досягнення успіху. Статистичні дані свідчать про те, що учасники програми усвідомили значення своєї підготовки та що ця підготовка була достатньо ґрунтовною, аби підготувати їх до кар'єри у сфері біотехнологій та біоінженерії.

Висновки. Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія» в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця є добре налагодженою програмою підготовки на другому (магістерському) рівні вищої освіти зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». Хоча визначити показники успіху для такої глибоко міждисциплінарної програми досить складно, ми виділили кілька кількісно вимірюваних результатів, які, на нашу

думку, свідчать про успіх. До них належать наукові досягнення, такі як публікації, доповіді на науково-практичних конференціях, зв'язок зістейкхолдерами. Як викладачі, так і студенти, що навчаються за цією освітньо-професійною програмою, продемонстрували довгостроковий інтерес до біотехнології, про що свідчить їхня схильність до побудови кар'єри в галузі біотехнологічних досліджень. Ми вважаємо, що успіх програми зумовлений низкою чинників, серед яких чітко визначений навчальний план, що поєднує наукові дослідження із цілеспрямованими механізмами освіти та підготовки; поєднання аудиторних занять, налагодження контактів та просвітницьких заходів для особистого та професійного розвитку; високо мотивований та різноманітний контингент абітурієнтів; високоактивний та різноманітний контингент викладачів, а також сприятливе освітнє середовище.

Список літератури:

1. Zerhouni E. A. Translational and clinical science-time for a new vision. *N Engl J Med*, 2006, 354.9: 978–979.
2. Köhler, Johann Michael. Challenges for nanotechnology. *Encyclopedia*, 2021, 1.3: 618–631.
3. Richards Emily, Terkanian Dave. Occupational employment projections to 2022. *Monthly Labor Review*, 2013.
4. Fleming Gabriella Coloyan, Borrego Maura, Knight David. Engineering graduate education in the United States. In: *International handbook of engineering education research*. Routledge, 2023. p. 263–285.
5. Kazi, Raisa Nazir Ahmed, et al. Nanomedicine: the effective role of nanomaterials in healthcare from diagnosis to therapy. *Pharmaceutics*, 2025, 17.8: 987.
6. Malik Shiza, Muhammad Khalid, Waheed Yasir. Emerging applications of nanotechnology in healthcare and medicine. *Molecules*, 2023, 28.18: 6624.
7. Haleem Abid, et al. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 2023, 7.2: 70–77.
8. Чубіна Т., Дулгерова О. Деякі аспекти формування компетентності майбутніх фахівців. 2025.
9. Драгомирецька О. О. Формування комунікативної компетентності студентів-іноземців у технічних університетах. 2023. PhD Thesis. Ізмаїл, 2023.
10. Кисіль А. О. Адаптація вітчизняної вищої освіти до сучасних соціальних та політичних викликів. 2025.

References:

1. Zerhouni, E. A. (2006). Translational and clinical science-time for a new vision. *N Engl J Med*, 354(9), 978–979.
2. Köhler, J. M. (2021). Challenges for nanotechnology. *Encyclopedia*, 1(3), 618–631.
3. Richards, E., & Terkanian, D. (2013). Occupational employment projections to 2022. *Monthly Labor Review*.
4. Fleming, G. C., Borrego, M., & Knight, D. (2023). Engineering graduate education in the United States. In *International handbook of engineering education research* (pp. 263–285). Routledge.
5. Kazi, R. N. A., Hasani, I. W., Khafaga, D. S., Kabba, S., Farhan, M., Aatif, M., ... & Fahim, Y. A. (2025). Nanomedicine: the effective role of nanomaterials in healthcare from diagnosis to therapy. *Pharmaceutics*, 17 (8), 987.
6. Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Emerging applications of nanotechnology in healthcare and medicine. *Molecules*, 28(18), 6624.
7. Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2023). Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 7(2), 70–77.
8. Chubina, T., & Dulherova, O. (2025). Some aspects of competence development in future professionals.
9. Drahomyretska, O. O. (2023). Development of communicative competence among international students at technical universities (Doctoral dissertation, Izmail State University of Humanities, Izmail, 2023).
10. Kysil, A. O. (2025). Adaptation of domestic higher education to contemporary social and political challenges.

Дата першого надходження статті до видання: 26.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 14.09.2026