

DOI: <https://doi.org/10.28925/2412-0774.2026.1.3>

УДК 378.61:573.6

Анатолій Єгоренков

<https://orcid.org/0000-0003-1625-2344>

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця,
пр. Берестейський, 34, 01601, Київ, Україна
altaikiev1@gmail.com

Олена Любчик

<https://orcid.org/0000-0003-3993-2991>

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця,
пр. Берестейський, 34, 01601, Київ, Україна
olena.lyubchik@gmail.com

БІОНІКА ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО МИСЛЕННЯ У СТУДЕНТІВ МЕДИЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ

У дослідженні проаналізовано теоретичні основи біоніки як міждисциплінарної галузі знань та біоінженерної практики для використання в медичній освіті та клінічній діяльності. Показано, що залучення в навчальний процес біоніки та/або її окремих розділів (теоретичних, практичних) може бути корисним дидактичним засобом для пропедевтики у формуванні основ міждисциплінарного підходу вивчення явищ живої природи з метою проектування біоінженерних систем та розроблення методів лікування, діагностики захворювань чи реабілітації людини. У дослідженні висвітлено зв'язок методологічних основ біоніки та практики використання її досягнень із завданнями формування в студентів медичних закладів вищої освіти інноваційного мислення, актуального для майбутньої професійної діяльності в командах фахівців під час створення та впровадження технічних розробок біонічного змісту (нейроінтерфейсів, біонічних протезів, апаратів для реабілітації, біоміметичних медичних матеріалів, стратегій обробки медичної інформації тощо). Визначено області перетину властивостей інноваційного мислення та біоніки; обґрунтовано напрямки використання ідей та методів біоніки для медичної освіти. Представлено результати анкетування студентів щодо важливості вивчення біоніки в закладах вищої медичної освіти, на що вказали близько 90% опитаних. Практичним результатом проведеного дослідження є аналіз змісту біоніки та формулювання базових напрямків для впровадження ідей біоніки в освітній процес медичних закладів вищої освіти та практику медичних досліджень; для оптимізації освітнього процесу та розроблення навчально-методичного забезпечення з біоніки. Зокрема, вони підкреслюють доцільність упровадження елективного курсу з біоніки, на що звернули увагу близько 90% студентів, які брали участь у факультативних заходах.

Ключові слова: біоніка, біоінженерія, біоміметика, інноваційне мислення, медична освіта, міждисциплінарність.



«...Творчий дух людини може створювати різні винаходи,
але йому ніколи не вдасться створити
щось прекрасніше, економічне та просте, ніж ті,
що створені природою, бо у її винаходах немає
ані недоліку, ані надмірності...»

Леонардо да Вінчі

ВСТУП

Відповідно до Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 рр. (2022) перед закладами вищої освіти України стоїть завдання «диверсифікувати освітні пропозиції та оновлювати зміст освіти з метою задоволення зростаючих потреб у розвитку інноваційного та критичного мислення». При цьому методологічною основою такої диверсифікації освітніх програм (з акцентом на інноваційне та критичне мислення) є «міждисциплінарність (мультидисциплінарність) освітніх та дослідницьких програм» як світовий тренд майбутнього. Враховуючи такі положення Стратегії розвитку вищої освіти України (2022), пропонуємо розглянути таку міждисциплінарну та кросдисциплінарну галузь знань як біоніка (біоміметика) в якості навчальної дисципліни саме для формування інноваційного мислення та реалізації сучасних трендів міждисциплінарності освітніх та дослідницьких програм. Відповідні методологічні та освітні особливості біоніки, що розглядаються в статті, можуть бути ефективно реалізовані саме у сфері вищої медичної та фармацевтичної освіти, де підготовка фахівців, які безпосередньо залучатимуться до інноваційних розробок, є пріоритетним напрямком. У першу чергу залучення біоніки як навчальної дисципліни стосується такого сучасного напрямку вищої медичної та фармацевтичної освіти як медична біоінженерія та фармацевтична біотехнологія.

Низка психолого-педагогічних та методичних досліджень присвячені розвитку інноваційного мислення та міждисциплінарності для освіти. Наприклад, ряд відомих дослідників (В. Афанасьєв, Х. Барнет, І. Блауберг, В. Докучаєва, М. Лапін, І. Новік, А. Пригожин, А. Тряпціна, Н. Юсуфбекова) пропонують системний підхід для проектування інноваційної освіти, що, у свою чергу, сприяє формуванню інноваційного мислення. Системний підхід для вищої медичної освіти є не тільки методичним інструментом для проектування інноваційної освіти, а й ефективним засобом формування основ клінічного мислення та міждисциплінарних компетентностей (Єгоренков, 2025). Дослідження вищезгаданих авторів акцентують увагу саме на підході для такого навчання, без розгляду питання, яка саме галузь знань краще всього відповідає формуванню інноваційного мислення та міждисциплінарних компетентностей. Окремі дослідження (Семанюк, Бруханський, 2024; Sagadiyeva, Mirza, 2023) присвячені методичним (за допомогою науково-дослідницької роботи студентів, шляхом створення інноваційного середовища тощо) та психолого-педагогічним (створення умов для індивідуальної самореалізації студента тощо) аспектам організації системи навчання для ефективного та цілеспрямованого формування інноваційного мислення. Також сучасні дослідники, вивчаючи проблему використання міждисциплінарних зв'язків, зокрема і у сфері вищої медичної освіти, звертають увагу не стільки на якусь конкретну галузь знань (що є по своєму змісту міждисциплінарною), а більшою мірою на методичні та технологічні особливості організації освітнього процесу (Григор'єва та співавтори, 2022; Гуменна, 2021; Нечітайло, 2020; Шульгай та інші, 2018).

Водночас проводяться багато інноваційних досліджень біоінженерного та біомедичного напрямку, де активно залучаються можливості саме біоніки і де роль фахівця з вищою медичною та фармакологічною освітою має важливе значення (Рисунок 1).



Рисунок 1. Напрямки медичного використання досягнень з біоніки

Створено авторами самостійно

У першу чергу це стосується досліджень та інженерних розробок, що пов'язані з біонічними кінцівками, створенням інших штучних та гібридних органів (серце, підшлункова залоза, шкіра, кістки, хрящі, екзоскелети), розробленням біонічного 3D-друку, біонічних наноструктур (зокрема і ДНК-наноструктур), використання біомаркерів тощо (Sharma et al., 2024; Sheng et al., 2024; Lungu et al., 2023; Homaeigohar, 2025; Hindy et al., 2025; Chiticaru, 2024; Baranovska, Lutsenko, 2024; Ma et al., 2024; Hohl et al., 2024; Tan et al., 2021; Vaughan-Graham et al., 2020; O'Connor, 2021; Hwang et al., 2015; Li et al., 2014; Tian et al., 2023; Yu. et.al., 2025).

Вважаємо, що залучення можливостей саме біоніки як між- та кросдисциплінарної галузі біологічних/технічних знань (включаючи її методологічні аспекти) для розв'язання зазначених завдань вищої медичної та фармацевтичної освіти є актуальною, але недостатньо відображеною в науковій літературі і тому потребує додаткових педагогічних та методологічних досліджень.

Метою статті є аналіз структури знань, принципів та методів біоніки як міждисциплінарної галузі знань у контексті сучасної високотехнологічної медицини та аналіз можливостей і особливостей формування інноваційного мислення та відповідних компетентностей в студентів медичних університетів з метою використання та/або створення в команді фахівців різного напрямку біоінженерних розробок діагностичного, лікувального або реабілітаційного спрямування.

Завдання дослідження:

1. Аналіз змісту, принципів та методів наукових досліджень та біоінженерних розробок біоніки в контексті завдань сучасної медицини.
2. Аналіз змісту та особливостей формування інноваційного мислення в студентів медичних університетів під час освітнього процесу з метою участі в створенні та / або апробації біонічних інженерних розробок або алгоритмів обробки медичної інформації.
3. Обговорення ставлення студентів медичних університетів до актуальності біоніки як складової частини медичної освіти та можливої методики факультативного вивчення методології біоніки як міждисциплінарної галузі знань та її окремих актуальних для медицини тем.

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час проведення дослідження автори використовували, відповідно до мети статті, різні методи.

- теоретичні: контент-аналіз наукових джерел з методологічних основ та практичних досягнень біоніки для біомедичних технологій; узагальнення даних з педагогічних та психологічних джерел у контексті інтеграції знань та розвитку інноваційного мислення за допомогою використання змісту біоніки для медичної освіти;
- емпіричні: вивчення роботи спеціалізованих центрів розроблення та впровадження біонічних технологій у практику; бесіди зі студентами та науковцями з приводу доцільності залучення біоніки як галузі знань та практики до медичної освіти; анкетування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз поняття біоніки для подальшого методичного використання. Біоніка в науковому та освітньому просторах має широкий діапазон визначень. Так, електронне науково-енциклопедичне видання «Енциклопедія сучасної України» Інституту енциклопедичних досліджень НАН України наводить таку дефініцію: «Наука, що вивчає застосування принципів дії живих систем і використання біологічних процесів для вирішення інженерних завдань». Але як і будь-яке визначення, наведене має свої обмеження з точки зору потреб використання в освітньому процесі. Вважаємо, що немає ідеального визначення поняття «біоніка», яке охоплює всі освітні завдання, всі аспекти розуміння та практичного використання біоніки. Узагальнюючи результати аналізу наукових, науково-історичних, енциклопедичних джерел з визначеннями поняття біоніки та її розділів (теоретична біоніка, прикладна біоніка тощо), сформулюємо суть змісту цих визначень. Для повноти картини бажано (в залежності від завдань конкретного заняття, етапу навчання, реалізації конкретних біонічних розробок) звертати увагу здобувачів вищої освіти на такі аспекти та грані біоніки: 1) біоніка вивчає живу природу з метою використання отриманих знань у практичній діяльності людини; 2) біоніка поєднує біологію, інженерію, біофізику, кібернетику та інші науки для вивчення природних систем, створення технологій та матеріалів, що імітують або вдосконалюють природні процеси; 4) біоніка функціонує на стику природничих та інженерних наук; 5) біоніка аналізує будову, функції і принципи роботи живих організмів для розроблення інноваційних матеріалів, механізмів і систем, що відтворюють ці принципи. На основі наведених аспектів та граней біоніки сформулюємо такі базові її риси: а) міждисциплінарність, б) існування різних напрямків практичного використання результатів досліджень (зокрема й у медицині та фармакології), в) наявність сформованої наукової методології цієї галузі знань.

У продовження теми термінологічного визначення біоніки наведемо пояснення її суті деякими сучасними дослідниками. Наприклад, R. Takahashi et al. (2021) звертають увагу, що біоніка як наука досліджує будову та функції живих організмів з метою застосування отриманих знань для розв'язання інженерних задач, а також для створення нових пристроїв і механізмів. Ці автори акцентують увагу на те, що основним завданням саме медичної біоніки є розроблення технологій, які поєднують біологічні та інженерні системи для створення новітніх технологій для медицини та охорони здоров'я. J. Hwang et al. (2015) на перше місце в розумінні суті біоніки виводять її «екологічність» та «гармонію з природою». Ці автори звертають увагу на те, що саме біологічні об'єкти досліджень з біоніки (тварини, рослини, комахи) «використовували» природні технології для створення своєї екосистеми без негативного впливу на природу. І така їх поведінка та спосіб життя може знадобитися сучасному людству.

Тому, завершуючи аналіз суті біоніки та приклади робіт, що підкреслюють (у залежності від змісту конкретного дослідження) різні наукові, прикладні або методологічні

аспекти біоніки, ми можемо сформулювати твердження про те, що для подальших досліджень педагогіко-методологічних аспектів впровадження біоніки в медичну освіту необхідно так чи інакше враховувати всі наведені вище аспекти та грані біоніки.

Міждисциплінарність біоніки. Як було вказано у Вступі, з посиланням на Стратегію розвитку вищої освіти в Україні (2022), міждисциплінарність освітніх програм є на даний час світовим трендом. Дослідження різних авторів з проблем вищої освіти та особистий багаторічний досвід роботи авторів статті в медичних закладах вищої освіти підтверджує актуальність міждисциплінарності освітніх програм саме для вищої медичної освіти. І цьому є декілька причин:

- міждисциплінарність навчання у майбутніх лікарів створює дидактичні умови та підґрунтя для формування клінічного мислення високого рівня;
- міждисциплінарність програм сприяє більш глибокому розумінню клінічних дисциплін (Григор'єва та співавтори, 2022; Шульгай та співавтори, 2018).

Для реалізації необхідної для вищої медичної освіти міждисциплінарності навчання необхідні не тільки методичні розробки, що відображають особливості навчання майбутніх лікарів (Гуменна, 2021) але й залучення в освітню програму відповідних навчальних дисциплін, які в цілому є міждисциплінарними. Однією з таких дисциплін, вважаємо, є біоніка.

Проведений нами аналіз практичних досягнень біоніки як прикладної науки показав широкий спектр її міждисциплінарних зв'язків з іншими науковими напрямками та фактор її кросдисциплінарності (тобто залучення різних фахових дисциплін для реалізації певних біоінженерних та біомедичних проєктів). Результати такого аналізу наведено в Таблиці 1.

Таблиця 1

Наукові міждисциплінарні напрямки, що перетинаються із біонікою

Наукові напрямки, змістовно пов'язані з методами/принципами та завданнями біоніки	Основний методологічний та практичний акцент наукового напрямку
Біоміметика / біомімікрія (Biomimetics/biomimicry)	Імітація природних рішень для створення матеріалів або речовин з корисними технологічними властивостями (наприклад, створення матеріалів з гідрофобним та/або антибактеріальним ефектом)
Біомеханіка (Biomechanics)	Вивчення механічних процесів у біологічних системах (від біологічних макромолекул до систем організму людини, тварини або рослини) для створення штучних біонічних систем (наприклад, медичних екзоскелетів)
Біокібернетика / біоінформатика (Biocybernetics/Bioinformatics)	Вивчення інформаційних процесів у біологічних системах з метою практичного використання у штучних або гібридних системах (наприклад, для створення нейроінтерфейсів та біонічних протезів)
Синтетична біологія (Synthetic biology)	Модифікації існуючих біологічних систем та/або створення біологічних організмів з заданими властивостями з метою їх технологічного використання (наприклад, створення бактерій, що розкладають пластик, або створення ДНК-наноконструкцій для фармакології та медичної діагностики)
Біотехнологія (Biotechnology)	Вивчення біологічних процесів для створення технологій та методів отримання корисних речовин та/або організмів (наприклад, генні технології для

	виробництва інсуліну)
Біоінженерія (Bioengineering)	Використання інженерних методів та принципів під час дослідження біологічних систем з метою створення штучних або гібридних систем для технологічного використання (наприклад, для створення біосумісних імплантів)
Біонічний дизайн (Bioinspired design)	Запозичення ідей живої природи для інноваційних розробок у різних галузях (архітектура, проектування літаків, створення систем енергезбереження тощо)
Нейробіоніка (Neurobionics)	Вивчення принципів та механізмів роботи центральної нервової системи тварин чи / або людини з метою створення штучних чи гібридних систем обробки інформації (наприклад, систем штучного інтелекту)

Складено авторами самостійно на основі використаної літератури

В основі вказаного різноманіття міждисциплінарності предметних зв'язків та кросдисциплінарності при реалізації біонічних проєктів закладено принципи та методи біоніки як прикладної науки, головною метою якої є запозичення досягнень живої природи для створення біоінженерних конструкцій. Головні принципи та методи біоніки представлено на Рисунку 2.



Рисунок 2. Перелік принципів та методів біоніки

Складено авторами самостійно на основі аналізу літератури та проєктів з біоніки.

Кожний з вказаних принципів та / або методів реалізується в конкретних розробках, зокрема і біомедичного призначення, саме у наш час. Наприклад, необхідність технологічного розвитку людства актуалізує питання екології та екологічної адаптації сучасних біоінженерних розробок до навколишнього середовища. Фахівці вважають, що саме біонічні підходи мають величезний потенціал для такої гармонізації технологій з природою (Hwang, 2015). Далі розглянемо ті напрацювання та здобутки біоніки, які, на наше переконання, можуть бути корисними в розв'язанні завдань, що стоять перед вищою медичною освітою.

Напрямки використання біоніки для медичної науки та освіти. На Рисунку 1 зазначені загальні сучасні напрямки використання біонічного підходу для біомедичного напрямку. Спочатку на конкретних прикладах розглянемо специфічні риси використання біоніки для медичної науки та практики.

У науковому огляді М. McMahon, С. Erolin (2024) описано п'ять різних об'єктів з біоніки (паразитичні оси, комарі, акули, головоногі молюски та слабоелектричні риби), вивчення яких має значення для медицини. Такими напрямками, вважають автори дослідження, є створення методів транспортування біологічних тканин під час біопсії або малоінвазивної хірургії, для проектування медичних голок та систем ендovasкулярного лікування, для розроблення систем антибактеріального контролю інфекцій. Також науковці звернули увагу і на проблему впровадження біонічного підходу в медичну освіту та створили відповідний навчальний ресурс (веб-сайт для презентації 2D-графіки руху відповідних біологічних систем та ілюстрацій).

Акцент на використанні біонічного підходу в медицині для створення штучних органів (протези кінцівок, штучне серце, синтетична підшлункова залоза тощо), включаючи історичний огляд, зроблено в дослідженні А. Sharma et al (2024), а також запропоновано важливі для обговорення серед студентів-медиків етичні міркування такого напрямку. Популярним біонічним напрямком у медицині є дослідження різних біологічних об'єктів та систем для розроблення прототипів кінцівок та екзоскелетів (Sheng et al., 2024; Lunguț et al., 2023; Hohl, et al., 2022; Tan et al., 2021; Vaughan-Graham et al., 2021; O'Connor et al., 2021). Акцент авторів подібних досліджень робиться вже не тільки на створенні функціональних біомеханічних аналогів кінцівок людини або систем відновлення руху людини, а й на розробленні інноваційних матеріалів та систем керування роботою кінцівок та медичних екзоскелетів. Такий сучасний тренд біонічних досліджень медичного напрямку розширює освітні та наукові між- та кросдисциплінарні горизонти біоніки.

Біонічні напрямки медичних та фармакологічних досліджень стосуються також і молекулярного / наномолекулярного рівнів дослідження біологічних структур та створення функціональних аналогів. Наприклад, для виконання завдань регенеративної медицини (для створення технологій регенерації шкіри) вивчаються та створюються білкові гідрогелі, електроактивні гідрогелеві пластирі, біогібридні нановолокнисті матеріали (Nomaeioghar, 2025; Hindy, 2025). Окремим напрямком такої молекулярної та нанорозмірної біоніки можна вважати вивчення різних біомолекулярних структур (клітинних мембран, фосфоліпідів, молекул ДНК та РНК тощо) для створення систем цільової доставки ліків, регуляції ферментативного синтезу, генетичного лікування тощо (Hwang et al, 2015; Li, 2014).

Кожний із наведених прикладів використання біоніки стосується різних напрямків медицини (від молекулярної медицини до фармакології та хірургії). Але спільним є те, що всі ці напрямки базуються на загальних принципах та методах біоніки. Крім того, подібні біонічні розробки медичного призначення можуть бути залучені для перегляду змісту освітніх програм медичних університетів та методики вивчення проблем (теоретичних, прикладних) медичної біоніки. Ще однією спільною рисою та метою вивчення й аналізу подібних розробок є необхідність впровадження ідей і методів біоніки в медичну освіту (Рисунок 3) для розвитку інноваційного мислення.



Рисунок 3. Напрямки використання ідей та методів біоніки для медичної освіти
Складено авторами самостійно

Основні поняття та характеристики інноваційного мислення. Проблеми формування інноваційного мислення та відповідних освітніх технологій, узгоджених до різних фахових напрямів, активно досліджуються багатьма авторами (А. Грітченко, В. Делія, Р. Джаджінс, О. Пономарьов, А. Харченко, Л. Холодова, О. Шапран та інші). В історичному плані такі дослідження починаються з класичної роботи австрійського економіста Йозефа Шумперта «Теорія економічного розвитку» (1912), який першим увів у науковий обіг поняття «інновація». У подальшому воно було розвинуто в сучасне поняття «інноваційне мислення». Термін «інноваційне мислення» був запроваджений В. Делія на Всесвітньому філософському Конгресі у 1993 р. Для нашого дослідження стосовно залучення біоніки як наукового напрямку та навчальної дисципліни для формування інноваційного мислення в студентів медичних університетів важливо те, що сам автор терміну «інноваційне мислення» вважає, що характерними рисами такого мислення є: (а) можливості забезпечення інноваційного процесу, (б) необхідність генерації інновацій, (в) іманентність інноваційних здібностей (здатність закладів вищої освіти до генерації інноваційного мислення). Останній пункт поєднується з таким сучасним напрямком педагогічних досліджень, як «інновації в освіті» (Кремень, 2021, с. 338–340), тому що процес формування інноваційного мислення потребує створення відповідного інноваційного освітнього простору для студентів та викладачів. Проведений нами аналіз наукових джерел (Ганаба, 2021; Грітченко, Кириленко, 2015; Соболева, 2020) дав змогу зробити висновок, що інноваційне мислення є поєднанням декількох типів мислення (Рисунок 5), а його особливістю є практична направленість на створення інноваційних рішень. С. Соболева (2020) використовує по відношенню до такої функціональної риси інноваційного мислення такі характеристики: прагматичність мислення, здатність до конкретизації цілей у пошуку інноваційних рішень тощо.



Рисунок 5. Складові частини інноваційного мислення як синтезу різних видів мислення
Створено авторами самостійно

Важливою рисою інноваційного мислення є його професійна спрямованість. Для вищої медичної освіти ознакою такої професійної спрямованості є наближення вказаного комплексного типу мислення до професійного, так званого клінічного мислення (Шевченко та співавтори, 2023; Shea et al, 2023). Аналіз наукових джерел з медичного фаху, знайомство з медичними науковими дослідженнями та багаторічний досвід спілкування з лікарями та вченими-медиками дозволив сформувавши перелік спільних характеристик інноваційного та клінічного мислення, що додатково актуалізує формування інноваційного мислення в студентів-медиків з точки зору загальних компетентностей майбутнього лікаря (Рисунок 6).



Рисунок 6. Перетин властивостей інноваційного та клінічного мислення
Створено авторами самостійно

У контексті основного напрямку нашого дослідження проведений аналіз визначив області перетину властивостей інноваційного мислення та біоніки (Таблиця 2).

Таблиця 2

Властивості інноваційного мислення в контексті використання методів та принципів біоніки для медицини та медичної освіти

Приклади властивостей інноваційного мислення	Методологічна та/або освітня особливість біоніки як галузі знань
Групові ідеї дослідників різних фахових напрямків для виконання спільного завдання	Між- / кросдисциплінарність фахових знань та методів дослідження у біонічних розробках
Критичність інноваційного мислення	Системна (біохімічна, енергетична, механічна, інформаційна, екологічна, тощо) доцільність в організації живих систем
Креативність інноваційного мислення	Оригінальність та ефективність природних рішень для різних механізмів функціонування біологічних систем
Творча вмотивованість дослідника у розв'язанні проблеми	«Натхненність» дослідника під час «запозичення» ідей живої природи для створення біонічних розробок
Бачення багатоваріантності в реалізації конкретного проєкту	Різноманітність природних рішень у біологічних механізмах живих систем (наприклад, механізмів руху організмів у різних середовищах)
Практична спрямованість під час розв'язання проблеми	Створення біонічних медико-інженерних розробок для лікування / діагностики

Складено авторами самостійно на основі використаної літератури

Враховуючи проведений аналіз структури інноваційного мислення в контексті завдань вищої медичної освіти (формування клінічного мислення, компетентностей для участі у інноваційних біомедичних проєктах), можна зробити висновок про доцільність використання методологічних та навчальних можливостей біоніки для розв'язання цих завдань.

Результати анкетування студентів. У межах факультативної роботи зі студентами з тем біоніки було проведено опитування, у якому взяли участь близько 80 студентів першого курсу. Співвідношення відповідей «Так / Ні / Не знаю» на початку та після завершення факультативних заходів (семінарів, індивідуальних проєктів, спостережень, переглядів розробленого відеоконтенту тощо) наочно демонструє розуміння студентами важливості вивчення біоніки в закладах вищої медичної освіти. Так, відповіді на питання «Чи вважаєте Ви доцільним для вищої медичної освіти вивчення питань біоніки – науки, що вивчає принципи організації та процеси функціонування живих організмів для створення інженерних проєктів та технологічних методів, зокрема для медичного напрямку?» були такими:

- «так» – 12% на початку; **81%** після завершення;
- «ні» – 11% на початку; 5% після завершення;
- «не знаю» – **77 %** на початку; 14% після завершення.

На відміну від початку факультативних заходів з біоніки після їхнього завершення студенти-першокурсники змогли вказати назви актуальних для медицини тем з біоніки, їх

рейтинги для вивчення в рамках елективного курсу, мотивуючі фактори для вивчення біоніки тощо.

На питання «Які (з Вашої точки зору) можуть бути корисні наслідки від вивчення біоніки студентами медичного університету?» домінуючими були наступні відповіді:

- розвиток інноваційного мислення для медико-технічних розробок (67%);
- позитивний вплив на формування корисних професійних компетентностей (67%);
- позитивний вплив на особистий інтелектуальний розвиток (60%).

У відповідях студентів на питання: «Чого Ви особисто очікуєте (у різних аспектах) від використання науково-технічних досягнень та розробок з біоніки у медицині?» можна виділити три аспекти (моральний, науковий, соціальний):

1) у моральному аспекті – використання науково-технічних досягнень та розробок з біоніки у медицині є важливими оскільки вони формують етичні підходи до використання технологій, що змінюють людське тіло;

2) у науковому аспекті – (а) сприяння глибшому розумінні взаємодії біологічних і технічних систем, (б) сприяння точнішим методам діагностики та персоналізованому лікуванню завдяки інтеграції біонічних систем із біоінженерією;

3) у соціальному аспекті – покращення якості життя людей з інвалідністю та зменшення соціальної ізоляції.

Питання: «Які теми з біоніки Ви вважаєте найбільш актуальними для вивчення у медичному університеті?» допомогло зробити перелік та рейтинг рекомендованих студентами тем з біоніки для можливого вивчення за пріоритетами:

- біонічні внутрішні органи людини;
- біонічні екзоскелети для відновлення руху людини;
- біонічні нейропротези (біонічне око, тощо);
- біонічні наноконструкції для наномедицини та нанофармакології;
- етичні питання створення гібридних організмів (біороботів, тощо).

Вважаємо, що отримані результати анкетування можуть бути використані для оптимізації освітнього процесу та розроблення навчально-методичного забезпечення (робочих програм, силабусів, методичних рекомендацій) з біоніки у закладах вищої медичної освіти. Зокрема, вони підкреслюють доцільність упровадження елективного курсу з біоніки, на що звернули увагу близько 90% студентів, які брали участь у факультативних заходах.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. У результаті аналізу принципів / методів біоніки як міждисциплінарної та кросдисциплінарної галузі знань створена методична основа для розроблення тем теоретичних та практичних занять для здобувачів вищої медичної освіти на перших курсах свого навчання.

2. Проведений аналіз структури та особливостей інноваційного мислення в контексті завдань медицини та медичної освіти створює передумови для пропедевтики у формування компетентностей використання такого мислення під час створення технологічних проєктів медично-наукового та медично-освітнього напрямку на клінічних кафедрах.

3. За результатами впровадження різних факультативних форм залучення студентів медичного університету для знайомства з біонікою та проведеного підсумкового анкетування доведена актуальність використання біоніки як перспективного напрямку для реалізації окремих пунктів Стратегії розвитку вищої освіти України (Стратегія Розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки, 2022).

Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні методологічних ідей біоніки як прикладної науки для вищої медичної освіти у вигляді різних методичних розробок та форм проведення занять: завдання-кейси, факультативні семінари, польові спостереження в живій природі, вивчення практичного досвіду навчання та/або біоінженерних розробок з використанням ідей біоніки, розроблення авторського навчально-демонстраційного контенту для інформаційних мереж із залученням студентів (приклад: Сторенков, Чикшеєв, 2025).



Рисунок 9. Ознайомлення з досвідом навчально-просвітницької роботи одного із закладів з біоніки для студентів та учнів («Bionicum», м. Нюрнберг, Німеччина). На стенді центру вказано: «Природа як модель для технологій – це біоніка»
Створено авторами самостійно

Також планується розроблення та впровадження спеціалізованих за змістом та формою проведення занять з біоніки для різних фахових напрямків вищої медичної освіти (медицина, стоматологія, фармація, педіатрія, тощо) та дослідження впливу біоніки на мотивацію вивчення студентами медичних закладів вищої освіти інтегрованих курсів (науково-природничого, біоінженерного та клінічного змісту).

Список використаної літератури

1. Бабак С. В. Біоніка – між світами живого та штучного. Biological Sciences and Education in the Context of European Integration: Scientific Monograph. Riga: Baltija Publishing, 2024. P. 2–18. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-443-6-1>
2. Гайко Г. І. Біоніка. *Енциклопедія сучасної України*. URL: <https://vue.gov.ua/Біоніка> (дата звернення 1.12.2025).
3. Ганаба С. О. Стратегія розвитку критичного та креативного мислення. Хмельницький: НАДПСУ, 2021. 128 с. URL: <https://dspace.nadpsu.edu.ua/handle/123456789/2784> (дата звернення 1.12.2025).
4. Григор'єва О. А., Щербаков М. С., Апт О. А., Світлицький А. О., Абросімов Ю. Ю., Артюх О. В., Чернявський А. В., Вовченко М. Б. Міждисциплінарні зв'язки у системі медичної освіти

як база для формування професійних компетенцій майбутнього лікаря. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2022. № 1. С. 200–203. DOI: <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2022.v.i1.13010>

5. Грітченко А., Кириленко К. Формування інноваційних знань, інноваційного способу мислення та інноваційності особистості студента в інноваційно-діяльному середовищі вищого навчального закладу. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини*. 2015. Вип. 1. С. 100–109. URL: <http://znp.udpu.edu.ua/article/view/196243> (дата звернення 1.12.2025).

6. Гуменна Н. В. Особливості реалізації міждисциплінарної інтеграції у медичних закладах вищої освіти. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2021. № 74 (2). С. 156–160. DOI: <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.74-2.30>

7. Єгоренков А. Системний підхід до викладання біофізики студентам медичних закладів вищої освіти. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2025. № 2 (83). С. 49–63. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2025.2.5>

8. Єгоренков А. І., Чикшеев Є. Біонічні протези кінцівок (відеофайл). *YouTube*. 11.09.2025. URL: https://www.youtube.com/watch?v=EQReaqOx_bI&t=1265s (дата звернення: 30.11.2025).

9. Енциклопедія освіти / Кремень В. Г. (Ред.). Київ: Юрінком Інтер. 2021. 1144 с.

10. Нечитайло І. С. Міждисциплінарність як основа розвитку сучасного університету та його освітніх програм. *Шлях успіху і перспективи розвитку (до 26 річниці заснування Харківського національного університету внутрішніх справ): матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: ХНУВС, 2020. С. 369–372. URL: <https://dspace.univd.edu.ua/items/85a7777d-65e2-42c9-99e2-a8ed40b886ab> (дата звернення 1.12.2025).

11. Семанюк В., Бруханський Р. Науково-дослідна робота як ефективний механізм формування інноваційного мислення студентів. *Вісник економіки*. 2024. Вип. 4. С. 238–252. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2024.04.238>

12. Соболева С. М. Особливості інноваційного мислення майбутніх офіцерів та шляхи його формування в контексті вимог сучасного суспільства. *Габітус*. 2020. № 14. С. 271–275. URL: <http://habitus.od.ua/journals/2020/14-2020/48.pdf> (дата звернення 1.12.2025).

13. Стратегія Розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.02.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 11.12.2025).

14. Шевченко В. Г., Муравйов П. Т., Колодій В. В., Бородай І. Є. Системне формування і розвиток клінічного мислення студентів за допомогою проблемних методів навчання. *Медична освіта*. 2023. № 2. С. 103–107. DOI: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2023.2.13671>

15. Шульгай А. Г., Федонюк Л. Я., Мудра Л. Я., Олещук О. М. Міждисциплінарна інтеграція як складова проблемно-орієнтованого навчання у медичному університеті. *Медична освіта*. 2018. № 4. С. 113–116. DOI: <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342>

16. Baranovska A., Lutsenko T. Prospects for the use of 3D bioprinting technologies for regenerative therapy of skin damage. *Biomedical Engineering and Technology*. 2024. № 13 (1). DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-8974.2024.13.298369>

17. BIOKON – Auch international – erfolgreich. URL: <https://www.biokon.de/netzwerk/international/> (дата звернення 30.11.2025).

18. Chiticaru E. A, Ioniță M. Commercially available bioinks and state-of-the-art lab-made formulations for bone tissue engineering: A comprehensive review. *Materials Today Bio*. 2024. № 29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101341>

19. Hohl K., Giffhorn M., Jackson S., Jayaraman A. A framework for clinical utilization of robotic exoskeletons in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2022. № 19. Art. 115. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01083-7>

20. Hindy O. A., Derici U. S., Yilgor P., Ashammakhi N. Introduction: The Concept and History of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. *Principles of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. Biomaterials, Bioengineering and Sustainability* / Ghorbani F., Ghalandari B., Liu C. (Eds.). Cham: Springer, 2025. Vol. 3. P. 3–30. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-87744-5_1

21. Homaeigohar S. Bioinspired and Biomimetic Materials/Architecture in Skin Regeneration. *Principles of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. Biomaterials, Bioengineering and*

Sustainability / Ghorbani F., Ghalandari B., Liu C. (Eds.). Vol. 3. Cham: Springer, 2025. P. 785–815. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-87744-5_21

22. Hwang J., Jeong Y., Park J. M., Lee K. H., Hong J. W., Choi J. Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine. *International Journal of Nanomedicine*. 2015. № 10. P. 5701–5713. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S83642>

23. Li M., Huang X., Tang T. D., Mann S. Synthetic cellularity based on non-lipid micro-compartments and protocell models. *Current opinion in chemical biology*. 2014. № 22. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.05.018>

24. Lunguț E. F., Matei L., Roșu M., Iliescu M., Frenț C. R. Biomechanical Hand Prosthesis Design. *Machines*. 2023. № 11 (10). Art. 964. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines11100964>

25. Ma Y., Deng B., He R., Huang P. Advancements of 3D bioprinting in regenerative medicine: Exploring cell sources for organ fabrication. *Heliyon*. 2024. Vol. 10 (3). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24593>

26. McMahon M., Erolin C. Biomimicry – medical design concepts inspired by nature. *Journal of Visual Communication in Medicine*. 2024. № 47 (1). P. 27–38. DOI: <https://doi.org/10.1080/17453054.2024.2375504>

27. O'Connor S. Exoskeletons in Nursing and Healthcare: A Bionic Future. *Clinical nursing research*. 2021. № 30 (8). P. 1123–1126. DOI: <https://doi.org/10.1177/10547738211038365>

28. Sagadiyeva K., Mirza N. Pedagogical Conditions for the Formation of Students' Innovative Thinking. *Абай атындағы ҚазҰПУ-ң ХАБАРШЫСЫ «Педагогика ғылымдары» сериясы*. 2023. № 3 (79). С. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.51889/2959-5762.2023.79.3.007>

29. Sharma A., Sharma Y., Singh K. R., Vardhan H., Bhatt H., Agrahari R. Bionics in Medicine: The Future of Organ Replacement. *Acta Pharma Reports*. 2024. Vol. 3 (1). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.51470/APR.2024.03.01.01>

30. Shea G. K. H., Chan P. C. Clinical Reasoning in Medical Education: A Primer for Medical Students. *Teaching and Learning in Medicine*. 2023. № 36 (4). P. 547–555. DOI: <https://doi.org/10.1080/10401334.2023.2230201>

31. Sheng Ch., Wang, H., Wang Z., Hu L., Nianga J.-M., Yang X. & Peyrodie L. Biomechanical Analysis and Structural Optimization of a Bionic Hand for Medical Prosthetic Applications. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/389600961> (дата звернення 1.12.2025).

32. Tian Y., Gao L., Abdussalam A., Xu G. Research Progress on Bionic Recognition and Biosensors for the Detection of Biomarkers of Diabetic Nephropathy. *Chemosensors*. 2023. № 11 (10). Art. 510. DOI: <https://doi.org/10.3390/chemosensors11100510>

33. Takahashi R., Tanaka A., Yamaguchi M., Koike Y. Bionics Technology for the Future of Medicine and Health. *NTT Technical Review*. 2021. Vol. 19 (7). P. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.53829/ntr202107fa6>

34. Tan K., Koyama S, Sakurai H, Teranishi T, Kanada Y, Tanabe S. Wearable robotic exoskeleton for gait reconstruction in patients with spinal cord injury: A literature review. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2021. № 28. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.01.001>

35. Vaughan-Graham J., Brooks D., Rose L., Nejat G., Pons J. & Patterson K. Exoskeleton use in post-stroke gait rehabilitation: a qualitative study of the perspectives of persons' post-stroke and physiotherapists. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020. № 17. Art. 123. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00750-x>

36. Yu H., Ma M., Zhang B., Wang A., Zhong G., Zhou Z., Liu C., Li C., Fang J., He Y., Ren D., Deng F., Hong Q., Zhao Y., Guo X. Bionic Sensors for Biometric Acquisition and Monitoring: Challenges and Opportunities. *Sensors*. 2025. № 25. Art. 3981. DOI: <https://doi.org/10.3390/s25133981>

References

Babak, S. V. (2024). Bionika – mizh svitamy zhyvoghо ta shchnogho [Bionics – between the worlds of the living and the artificial]. *Biological Sciences and Education in the Context of European Integration: Scientific Monograph* (pp. 2–18). Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-443-6-1>

Haiko, H. Bionika [Bionics]. *Encyclopedia of Modern Ukraine*. <https://vue.gov.ua/Біоніка>

Hanaba, S. O. (2021). *Strateghija rozvytku krytychnogho ta kreatyvnoгho myslennja [A strategy for developing critical and creative thinking]*. NADPSU. <https://dspace.nadpsu.edu.ua/handle/123456789/2784>

- Hryhorieva, O. A., Shcherbakov, M. S., Apt, O. A., Svitlytskyi, A. O., Abrosimov, Y. Y., Artiukh, O. V., Cherniavskiy, A. V., Vovchenko, M. B. (2022). Mizhdyscyplinarni zv'jazky u systemi medychnoji osvity jak baza dlja formuvannja profesijnykh kompetencij majbutnjogho likarja [Interdisciplinary relations in the system of medical education as a basis for the formation of professional competences of the future doctor]. *Achievements of Clinical and Experimental Medicine*, 1, 200–203. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2022.v.i1.13010>
- Hritchenko, A., Kyrilenko, K. (2015). Formuvannja innovacijnykh znanj, innovacijnogho sposobu myslennja ta innovacijnosti osobystosti studenta v innovacijno-dijaljnomu seredovyshhi vyshhogho navchaljnogho zakladu [Formation of innovative knowledge, innovative thinking and innovative personality of a student in an innovative and active environment of a higher educational institution]. *Collection of Scientific Papers of Uman State Pedagogical University*, 1, 100–109. <http://znp.udpu.edu.ua/article/view/196243>
- Humenna, N. (2021). Osoblyvosti realizaciji mizhdyscyplinarnoji integraciji u medychnykh zakladakh vyshhoji osvity [Features of implementation of interdisciplinary integration in medical institutions of higher education]. *Pedagogy of creative personality formation in higher and general academic schools*, 74 (2), 156–160. <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.74-2.30>
- Yehorenkov, A. (2025). Systemnyj pidkhid do vykladannja biofizyky studentam medychnykh zakladiv vyshhoji osvity [Systemic approach to teaching biophysics to students of medical institutions of higher education]. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 2 (83), 49–63. <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2025.2.5>
- Yehorenkov, A. I., Chykshejev, Je. (11.09.2025). Bionichni protezy kincivok [Bionic limb prostheses] (video file). *YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=EQReaqOx_bI&t=1265s
- Kremen, V. Gh. (Ed.) (2021). *Encyklopedija osvity [Encyclopedia of Education]*. Jurinkom Inter.
- Nechitailo, I. S. (2020). Mizhdystsyplinarnist yak osnova rozvytku suchasnoho universytetu [Interdisciplinarity as the basis for the development of a modern university and its educational programs]. *The path to success and development prospects (to the 26th anniversary of the founding of the Kharkiv National University of Internal Affairs): materials of the international scientific-practical conference (pp. 369–372)*. KhNUA. <https://dspace.univd.edu.ua/items/85a7777d-65e2-42c9-99e2-a8ed40b886ab>
- Semaniuk, V., Brukhanskiy, R. (2024). Naukovo-doslidna robota yak efektyvnyi mekhanizm formuvannia innovatsiinoho myslennia studentiv [Research Work as an Effective Tool for Developing Innovative Thinking in Students]. *Visnyk ekonomiky – Herald of Economics*, 4, 238–252. <https://doi.org/10.35774/visnyk2024.04.238>
- Sobolieva, S. M. (2020). Osoblyvosti innovacijnogho myslennja majbutnykh oficeriv ta shljakhy jogho formuvannja v konteksti vymogh suchasnogho suspiljstva. [Peculiarities of innovative thinking of future officers and ways of its formation in the context of the requirements of modern society]. *Habitus*, 14, 271–275. <http://habitus.od.ua/journals/2020/14-2020/48.pdf>
- Strateghija Rozvytku vyshhoji osvity v Ukraini na 2022–2032 roky. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 23.02.2022 [Strategy for the Development of Higher Education in Ukraine for 2022–2032. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated February 23, 2022]*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text>
- Shevchenko, V. H., Muraviov, P. T., Kolodiy, V. V., & Borodaiev, I. Y. (2023). Systemne formuvannja i rozvytok klinichnogho myslennja studentiv za dopomoghoju problemnykh metodiv navchannja [Systematic formation and development of clinical thinking of students with the help of problem teaching methods]. *Medical Education*, 2, 103–107. <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2023.2.13671>
- Shulhay, A. H., Fedonuk, L. Y., Mudra, A. Y., & Oleshchuk, O. M. (2018). Mizhdyscyplinarna integracija jak skladova problemno-orientovanogho navchannja u medychnomu universyteti [Interdisciplinary integration as a part of problem-based learning in the medical university]. *Medical Education*, 4, 113–116. <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342>
- Baranovska, A., Lutsenko, T. (2024). Prospects for the use of 3D bioprinting technologies for Regenerative therapy of skin damage. *Biomedical Engineering BLOKON – Auch international erfolgreich*. <https://www.biokon.de/netzwerk/international/>
- Chiticaru, E. A., Ioniță, M. (2024). Commercially available bioinks and state-of-the-art lab-made formulations for bone tissue engineering: A comprehensive review. *Materials Today Bio*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2024.101341>

- Hohl, K., Giffhorn, M., Jackson, S., Jayaraman, A. (2022). A framework for clinical utilization of robotic exoskeletons in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19, 115. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01083-7>
- Hindy, O. A., Dericci, U. S., Yilgor, P., Ashammakhi, N. (2025). Introduction: The Concept and History of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. In F. Ghorbani, B. Ghalandari, C. Liu (Eds.), *Principles of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. Biomaterials, Bioengineering and Sustainability*, 3, 3–30. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87744-5_1
- Homaeigohar, S. (2025). Bioinspired and Biomimetic Materials/Architecture in Skin Regeneration. In F. Ghorbani, B. Ghalandari, C. Liu (Eds.), *Principles of Bioinspired and Biomimetic Regenerative Medicine. Biomaterials, Bioengineering and Sustainability*, 3, 785–815. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87744-5_21
- Hwang, J., Jeong, Y., Park, J. M., Lee, K. H., Hong, J. W., & Choi, J. (2015). Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine. *International Journal of Nanomedicine*, 10, 5701–5713. <https://doi.org/10.2147/IJN.S83642>
- Li, M., Huang, X., Tang, T. Y., & Mann, S. (2014). Synthetic cellularity based on non-lipid micro-compartments and protocell models. *Current opinion in chemical biology*, 22, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.05.018>
- Lunguț, E. F., Matei, L., Roșu, M., Iliescu, M., Frent, C. R. (2023). Biomechanical Hand Prosthesis Design. *Machines*, 11 (10), 964. <https://doi.org/10.3390/machines11100964>
- Ma, Y., Deng, B., He, R., Huang, P. (2024). Advancements of 3D bioprinting in regenerative medicine: Exploring cell sources for organ fabrication. *Heliyon*, 10 (3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24593>
- McMahon, M., Erolin, C. (2024). Biomimicry – medical design concepts inspired by nature. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 47 (1), 27–38. <https://doi.org/10.1080/17453054.2024.2375504>
- O'Connor, S. (2021). Exoskeletons in Nursing and Healthcare: A Bionic Future. *Clinical nursing research*, 30 (8), 1123–1126. <https://doi.org/10.1177/10547738211038365>
- Sagadiyeva, K., Mirza, N. (2023). Pedagogical Conditions for the Formation of Students' Innovative Thinking. *Абай атындағы ҚазҰПУ-ң ХАБАРШЫСЫ «Педагогика ғылымдары» сериясы*, 3 (79), 68–75. <https://doi.org/10.51889/2959-5762.2023.79.3.007>
- Sharma, A., Sharma, Y., Singh, K. R., Vardhan, H., Bhatt, H., Agrahari R. (2024). Bionics in Medicine: The Future of Organ Replacement. *Acta Pharma Reports*, 3 (1), 1–5. <https://doi.org/10.51470/APR.2024.03.01.01>
- Shea, G. K. H., Chan, P. C. (2023). Clinical Reasoning in Medical Education: A Primer for Medical Students. *Teaching and Learning in Medicine*, 36 (4), 547–555. <https://doi.org/10.1080/10401334.2023.2230201>
- Sheng, Ch., Wang, H., Wang, Z., Hu, L., Nianga, J.-M., Yang, X. & Peyrodie, L. (2024). *Biomechanical Analysis and Structural Optimization of a Bionic Hand for Medical Prosthetic Applications*. <https://www.researchgate.net/publication/389600961>
- Tian, Y., Gao, L., Abdussalam, A., Xu, G. (2023). Research Progress on Bionic Recognition and Biosensors for the Detection of Biomarkers of Diabetic Nephropathy. *Chemosensors*, 11, 510. <https://doi.org/10.3390/chemosensors11100510>
- Takahashi, R., Tanaka, A., Yamaguchi, M., Koike, Y. (2021). Bionics Technology for the Future of Medicine and Health. *NTT Technical Review*, 19 (7), 46–51. <https://doi.org/10.53829/ntr202107fa6>
- Tan, K., Koyama, S., Sakurai, H., Teranishi, T., Kanada, Y., Tanabe, S. (2021). Wearable robotic exoskeleton for gait reconstruction in patients with spinal cord injury: A literature review. *Journal of Orthopaedic Translation*, 28, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.01.001>
- Vaughan-Graham, J., Brooks, D., Rose, L. Nejat, G., Pons, J. & Patterson, K. (2020). Exoskeleton use in post-stroke gait rehabilitation: a qualitative study of the perspectives of persons' post-stroke and physiotherapists. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17, 123. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00750-x>
- Yu, H., Ma, M., Zhang, B., Wang, A., Zhong, G., Zhou, Z., Liu, C., Li, C., Fang, J., He, Y., Ren, D., Deng, F., Hong, Q., Zhao, Y., Guo, X. (2025). Bionic Sensors for Biometric Acquisition and Monitoring: Challenges and Opportunities. *Sensors*, 25, 3981. <https://doi.org/10.3390/s25133981>

Стаття надійшла до редакції 1.12.2025

Прийнято до друку 26.03.2026

Опубліковано 30.03.2026

BIONICS AS A MEANS OF FORMING INNOVATIVE THINKING IN MEDICAL UNIVERSITY STUDENTS

Anatolii Yehorenkov

<https://orcid.org/0000-0003-1625-2344>

PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department of Medical
and Biological Physics and Informatics,
Bogomolets National Medical University,
34 Beresteiskii Ave., 01601, Kyiv, Ukraine
altaikiev1@gmail.com

Olena Lyubchyk

<https://orcid.org/0000-0003-3993-2991>

PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the Department of Medical
and Biological Physics and Informatics,
Bogomolets National Medical University,
34 Beresteiskii Ave., 01601, Kyiv, Ukraine,
olena.lyubchyk@gmail.com

The study analyzes the theoretical foundations of bionics as an interdisciplinary field of knowledge and bioengineering practice for use in medical education and clinical practice. It is shown that the inclusion of bionics and/or its individual sections (theoretical, practical) in the educational process can be a useful didactic tool for propaedeutics in forming the foundations of an interdisciplinary approach for studying the phenomena of living nature with the aim of designing bioengineering systems and developing methods for treating, diagnosing diseases, or rehabilitating humans. The study also highlights the connection between the methodological foundations of bionics and the practice of using its achievements with the tasks of forming innovative thinking among students of higher medical institutions, relevant for future professional activities in teams of specialists during the creation and implementation of technical developments of bionic content (neurointerfaces, bionic prostheses, rehabilitation devices, biomimetic medical materials, medical information processing strategies, etc.). The areas of intersection between the properties of innovative thinking and bionics have been identified; the directions for applying the ideas and methods of bionics in medical education have been substantiated. The results of a student survey on the importance of studying bionics in higher medical education institutions are presented, with about 90% of respondents indicating its significance. The practical outcome of the study is an analysis of the content of bionics and the formulation of key directions for implementing bionic ideas in the educational process of higher medical education institutions and in medical research practice, aimed at optimizing the educational process and developing teaching and methodological support in bionics.

Key words: bioengineering, biomimetics, bionics, innovative thinking, interdisciplinary, medical education.