

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Кафедра біохімії



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
БІОЕНЕРГЕТИКА

для здобувачів освіти

галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальність	G21 Біотехнології та біоінженерія
освітній ступінь	Магістр
освітня програма	Біотехнологія
вид дисципліни	обов'язкова

Форма здобуття освіти	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>II</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладач: Іванова Т.С.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2025

Розробник: Іванова Т.С., канд. біол. наук, асистент кафедри біохімії.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри біохімії

(підпис)

Олексій САВЧУК

Протокол № 32 від «28» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «24» червня 2025 року за № 9

Голова науково-методичної комісії



Тетяна ШЕВЧЕНКО

«24» 06 2025 року

1. Мета дисципліни – формування у здобувача освіти цілісного уявлення про біоенергетику, виробництво і споживання біопалив, енергетичні стратегії України та ЄС у галузі відновлюваної енергетики, а також про перероблення відходів і проміжних продуктів виробництва біопалив. Дисципліна передбачає вивчення сировини для виробництва біопалив, процесів ферментації та обладнання, заходів безпеки на виробництвах, а також розрахунки параметрів та ефективності біоконверсії.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування курсів, які забезпечують фундаментальні знання у галузі біотехнології.
2. Вміти самостійно працювати з науковою, навчальною та методичною літературою, здійснювати пошук, аналіз і критичну оцінку джерел інформації, необхідної для виконання навчальних і наукових завдань.
3. Наявність базових навичок роботи з обладнанням та матеріалами, що використовуються в лабораторіях.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Біоенергетика» охоплює вивчення ключових аспектів створення та використання біопалив, включаючи різновиди і попередню підготовку сировини, параметри процесів ферментації та обладнання, заходів безпеки на виробництвах, а також структури виробництва і споживання біопалив в Україні та у світі. Особливу увагу приділено енергетичним стратегіям України та ЄС у галузі стимулювання відновлюваної енергетики у контексті сталого розвитку і обмеження продукування парникових газів. Дисципліна також передбачає розгляд застосування сучасних методів у біоенергетиці, таких як штучний інтелект і нанотехнології.

4. Завдання (навчальні цілі):

1. Сформулювати у здобувачів освіти цілісне уявлення про створення та використання біопалив, їх роль у розвитку енергетики та вплив на довкілля й економіку.
2. Ознайомити здобувачів освіти з основними видами біопалив, відмінностями між ними, зі структурою виробництва і споживання біопалив в Україні та у світі.
3. Навчити аналізувати параметри вхідної сировини, ферментаційних процесів та ефективність біоконверсії, а також доцільність використання різних конфігурацій обладнання та заходи безпеки на виробництвах.
4. Надати здобувачам освіти відомості про сучасні міжнародні та національні методи стимулювання відновлювальної енергетики у контексті сталого розвитку і обмеження продукування парникових газів.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України та тимчасового стандарту КНУ імені Тараса Шевченка (другий (магістерський) рівень вищої освіти (7 рівень НРК України), галузь знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво) дисципліна забезпечує набуття студентами наступних компетентностей:

інтегральної:

Здатність розв'язувати задачі дослідницького або інноваційного характеру у галузі біотехнологій та біоінженерії.

фахових:

ФК3. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК6. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи в галузі біотехнології з використанням сучасних обладнання та методів, інтерпретувати отримані дані на основі сукупності сучасних знань та уявлень про об'єкт і предмет дослідження, робити обґрунтовані висновки.

ФК7. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

ФК10. Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу та оптимізації біотехнологічних процесів, управління виробництвом, мати навички практичного впровадження наукових розробок.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати види біопалив, методи їх отримання та використання.	Лекція, самостійна робота	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.2	Знати структуру виробництва і споживання біопалив в Україні та у світі, а також стратегії стимулювання виробництва відновлювальних джерел енергії.	Лекція, самостійна робота		
1.3	Знати відмінності у сировині і основні методи її попередньої підготовки для виробництва біопалив.	Лекція, практичні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.4	Знати як застосовуються сучасні методи у біоенергетиці, такі як штучний інтелект і нанотехнології.	Лекція, самостійна робота		

2.1	Вміти проводити розрахунки параметрів та ефективності біоконверсії в процесах утворення біоетанолу та біогазу.	Практичні заняття, самостійна робота	Звіт по практичним заняттям, опитування, іспит	15
3.1	Вміти ефективно взаємодіяти в команді під час аналізу доцільності застосування окремих конфігурацій обладнання та безпекових заходів на виробництвах.	Практичні заняття, самостійна робота	Звіт по практичним заняттям, опитування	15
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію. Вміти організовувати власну діяльність під час виконання практичних робіт.	Практичні заняття, самостійна робота	Усна доповідь з презентацією, опитування	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)							
ПРН3. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проектно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу					+	+	
ПРН4. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проєктів.				+	+	+	
ПРН5. Знати молекулярну організацію та регуляцію експресії генів, реплікації, рекомбінації та репарації, рестрикції та модифікації генетичного матеріалу у про- та еукаріотів, стратегію створення рекомбінантних ДНК для цілеспрямованого конструювання біологічних агентів.	+		+				
ПРН6. Знати та оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині, сільському господарстві тощо.	+		+				

ПРН7. Мати навички виділення, ідентифікації, зберігання, культивування, іммобілізації біологічних агентів, здійснювати оптимізацію поживних середовищ, обирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напрямку біотехнології.	+		+				
ПРН8. Планувати та управляти науково-дослідними, науково-технічними або виробничими проєктами у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки, техніки та суспільства.	+	+	+	+	+	+	+
ПРН9. Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту людини та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження.						+	
ПРН10. Упроваджувати найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах.	+	+	+	+	+	+	
ПРН19. Оцінювати актуальність досліджуваних наукових проблем, придатність відомих наукових методів для їх дослідження на основі аналізу наявних даних та публікацій у провідних виданнях.		+		+			+
ПРН20. Здійснювати змістову постановку задач оптимізації в галузі біотехнології та біоінженерії, їх формалізацію, обирати придатні методи розв'язання таких задач і отримувати їх розв'язки із заданим ступенем точності.				+	+	+	+
ПРН21. Мати навички планування та виконання експериментальних досліджень як особисто, так і у колективі, критичного аналізу отриманих результатів; оформлення результатів досліджень у вигляді звіту, наукової публікації, презентації на наукових та інших заходах.				+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1, 1.2 – 10 балів/ 5 балів.
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3, 1.4 – 10 балів/ 5 балів.
3. Усна доповідь з презентацією – РН 4.1 – 30 балів/ 15 балів.
4. Звіт по практичним заняттям, опитування – РН 2.1, 3.1, 4.1 – 10 балів/ 5 балів.

Якщо під час семестру студент набрав кількість балів нижчу за мінімальний пороговий рівень (50% від максимально можливої кількості балів) по кожному запланованому результату навчання (наприклад, 4 бали за Модульну контрольну роботу 1), бали до семестрової підсумкової оцінки не додаються.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Формою проведення іспиту є тестова контрольна робота. Результатами навчання, які оцінюються в тестовій контрольній роботі, є РН 1.1-1.4, 2.1. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом під час іспиту, 40 балів за 100-бальною шкалою. У випадку коли оцінка студента на іспиті є нижчою мінімального порогового рівня (60% від максимально можливої кількості балів), то бали за іспит не додаються до семестрової оцінки (вважаються рівними нулю), а підсумкова оцінка з дисципліни є незадовільною.

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Студент допускається до іспиту за умови відпрацювання всіх передбачених планом практичних занять та отримання в сумі не менше ніж 20 балів за всіма формами семестрового оцінювання. Якщо під час семестру здобувач освіти набрав кількість балів нижчу ніж 20, але успішно виконав завдання практичних занять, йому надається можливість до початку екзаменаційної сесії написати підсумкову контрольну роботу за повною програмою навчальної дисципліни. Максимальна кількість балів такої роботи становить 60. Усі попередньо набрані студентом бали протягом семестру до підсумкової оцінки не додаються, тобто дорівнюють «0».

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення лекцій з тем 1 і 2 відповідно. Опитування проводиться упродовж курсу. Оцінка усної доповіді з презентацією проводиться упродовж лекційного курсу.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
Тема 1: Історичний розвиток та сучасний стан біоенергетики в Україні та у світі				
1	Лекція 1. Біоенергетика: визначення, історія розвитку, сучасна класифікація біопалив.	2		
2	Лекція 2. Структура виробництва і споживання біопалив в Україні та у світі.	2		
3	Лекція 3 Сировина для виробництва біопалива: біомаса, енергетичні рослини, відходи.	2		
4	Самостійна робота. Опрацювання оригінальних наукових статей щодо біоре mediaції ґрунтів за допомогою підходів біоенергетики.			5
Тема 2: Технології виробництва біопалив				
5	Лекція 4. Метанова ферментація для виробництва біогазу.	2		
6	Лекція 5. Очищення біогазу. Виробництво біометану та його застосування.	2		
7	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів про ключові параметри підприємств України з виробництва біометану.			8
8	Практичне заняття 1. Попередня підготовка сировини для виробництва біогазу.		2	
9	Практичне заняття 2. Обладнання і заходи безпеки при виробництві біогазу.		2	
10	Практичне заняття 3. Технології перероблення і застосування дигестату після анаеробного зброджування.		2	
11	Лекція 6. Технології виробництва біоводню.	2		
12	Лекція 7. Процеси синтезу біодизелю.	2		
13	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів про ключові параметри окремих заводів з виробництва біодизелю.			8

14	Лекція 8. Спиртове бродіння для виробництва біоетанолу.	2		
15	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів про ключові параметри підприємств України з виробництва біоетанолу.			8
16	Лекція 9. Біобутанол та інші рідинні біопалива.	2		
17	Лекція 10. Термохімічні процеси перероблення біомаси: піроліз, газифікація, спалювання.	2		
18	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів щодо принципів лабораторних методик визначення основних параметрів анаеробної ферментації.			10
19	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів щодо критичних ситуацій на заводах біоенергетичного сектору та заходи їх профілактики і відновлення.			8
20	Практичне заняття 4. Розрахунки параметрів та ефективності біоконверсії в процесах утворення біоетанолу та біогазу.		2	
21	Практичне заняття 5. Обладнання і заходи безпеки при виробництві біоетанолу.		2	
22	Практичне заняття 6. Технології перероблення і застосування післяспиртової барди.		2	
23	Самостійна робота. Опрацювання електронної бази даних щодо винаходів іноземних заявників, запатентованих у 2022-2026 рр. в Україні, що стосуються виробництва біопалив.			8
Тема 3: Потенціал розвитку біоенергетики в Україні та у світі				
24	Лекція 11. Енергетичні стратегії України та ЄС у галузі стимулювання відновлюваної енергетики.		2	
25	Самостійна робота. Опрацювання літератури та електронних ресурсів щодо успішних завершених проєктів рамкових європейських програм Горизонт у галузі біоенергетики.			10
26	Самостійна робота. Опрацювання електронного порталу Європейської комісії щодо відкритих конкурсів з виробництва біопалива.			6
27	Лекція 12. Застосування штучного інтелекту, нанотехнологій та інші тренди у розвитку біоенергетики.		2	
28	Самостійна робота. Пошук і аналіз перспективних підходів до вирішення проблем			10

	сталості енергетики в Україні.			
	ВСЬОГО	24	12	81

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – **24 год.**

Семінарські заняття – **12 год.**

Консультації – **3 год.**

Самостійна робота – **81 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: монографія / Блюм Я.Б., Гелетука Г.Г., Григорюк І.П., Дмитрук К.В., Дубровін В.О., Ємець А.І., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Сибірний А.А., Циганков С.П. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 408 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б.Блюм, Г.Г.Гелетука, І.П.Григорюк, В.О.Дубровін, А.І.Ємець, Г.М.Забарний, Г.М.Калетнік, М.Д.Мельничук, В.Г.Мироненко, Д.Б.Рахметов, С.П.Циганков – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 360 с.
3. Блюм Я.Б., Григорюк І.П., Дмитрук К.В., Дубровін А.В., Ємець А.І., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Сибірний А.А., Циганков С.П. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив: монографія. – Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. - 359 с.
4. Мельничук М.Д., Дубровін В.О., Мироненко В.Г., Григорюк І.П., Поліщук В.М., Голуб Г.А., Таргоня В.С., Драгнев С.В., Свистунова І.В., Кухарець С.М. Альтернативна енергетика: навч. посібник. Київ: Аграр Медіа Груп, 2012. 244 с.
5. Biofuels and Bioenergy. Editors: Baskar Gurunathan, Renganathan Sahadevan, Zainul Zakaria. Elsevier publ. 1st Edition - October 17, 2021. – 468 p.
6. Поліщук В. М., Тарасенко С. Є. Біопалива. Виробництво і використання: навч. посібник. Київ: ЦП "КОМПРИНТ", 2017. 376 с.
7. Поліщук В. М., Тарасенко С. Є. Біопалива. Виробництво і використання. Ч. 2. Біогаз і біоводень: навч. посібник. Київ: Компринт, 2018. 416 с.
8. Фундаментальні аспекти відновлювально-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій / за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. – К.: «КІМ». 2018. 260 с. Режим доступу: http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf.
9. Tashyrev O., Hovorukha V., Havryliuk O., Gladka G., Bida I., Danko Ya., Shablii O. Obtaining of fermentation parameters of experimental-industrial technology for synthesis of biohydrogen. Edited by Volodymyr A. Yartys, Yurii M.Solonin, Ihor Yu.Zavaliy, Lviv, Prostir-M., 2021, - 268 p. Режим доступу: http://www.materials.kiev.ua/publications/mono_hydrogen_2021/Hydrogen%20book.pdf.

Додаткова:

1. Дубровін В.О., Поліщук В.М., Тарасенко С.Є., Драгнев С.В. Практикум з машин та обладнання для біоенергетики: навч. посібник. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 208 с.
2. Поліщук В. М., Войтюк В. Д., Тарасенко С.Є. Процеси, системи та обладнання для виробництва біопалива: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 548 с.
3. Поліщук В. М. Процеси та обладнання біотехнологічного виробництва газових біопалив: навч. посібник. Київ: НУБіП України, 2015. 244 с.
4. Kulichkova G.I., Ivanova T.S., Köttner M., Volodko O.I., Spivak S.I., Tsygankov S.P., Blume Ya.B. Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials. The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 219-234. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010219>.
5. Tsygankov S., Ivanova T., Spivak S., Lukashevich K., Blume Ya. Development of a complex technology for replacing fossil energy carriers with by-products in the bioethanol production. Science and Innovation, 2024, 20(5): 53-61. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine20.05.053>.
6. Ivanova T., Tsygankov S., Titova L., Dzyhun L., Klechak I., Bisko N. Vinasse utilization into valuable products. In: O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-Lypez (Eds.). Bioconversion of wastes to value-added products. Series: Food Biotechnology and Engineering. Taylor & Francis Group: CRC Press, 2023. P. 245-269. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003329671-9>.
7. Volodko O.I., Ivanova T.S., Kulichkova G.I., Lukashevych K.M., Blume Ya.B., Tsygankov S.P. Fermentation of sweet sorghum syrup under reduced pressure for bioethanol production. The Open Agriculture Journal. 2020. Vol. 14. P. 235–245. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010235>.
8. Rakhmetova S.O., Yemets A.I., Vergun O.M., Bondarchuk O.P., Shymanska O.V., Tsygankov S.P., Blume Ya.B., Rakhmetov D.B. Ethanol production potential of sweet sorghum varieties in North and

- Central Ukraine. The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 321-338. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010321>.
9. Blume R.Y., Lantukh G.V., Levchuk I.V., Lukashevych K.M., Rakhmetov D.B., Blume Ya.B. Evaluation of potential biodiesel feedstocks: camelina, turnip rape, oil radish and tyfon. The Open Agriculture Journal. – 2020. – Vol. 14: 299-320. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010299>.
 10. Yemets A.I., Blume R.Ya., Rakhmetov D.B., Blume Ya.B. Finger millet as a sustainable feedstock for bioethanol production. The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 257-272. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010257>.
 11. Кулічкова Г.І., Савицька Н.А., Володько О.І., Іванова Т.С., Циганков С.П. Перспективи отримання біогазу з цукрового сорго в Україні. Наукові доповіді НУБіП України, 2022, №5 (99). DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.001>.
 12. Havryliuk O., Hovorukha V., Gladka G., Tymoshenko A., Kyrylov S., Shabliy O., Bida I., Mariychuk R., Tashyrev O. A noxious weed *Ambrosia artemisiifolia* L. (Ragweed) as sustainable feedstock for methane production and metals immobilization. Sustainability. 2023; 15:6696. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15086696>.
 13. Hovorukha V., Havryliuk O., Gladka G., Tashyrev O., Kalinichenko A., Sporek M., Dolhańczuk-Śródka A. Hydrogen dark fermentation for degradation of solid and liquid food waste. Energies. 2021; 14(7):1831. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14071831>.
 14. Tsarenko P.M., Borysova O.V., Korkhovyi V.I., Blume Ya.B. High-Efficiency Ukrainian Strains of Microalgae for Biodiesel Fuel Production (Overview). The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 209. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010209>.
 15. Tigonova O.O., Kamenskyh D.S., Tkachenko T.V., Yevdokymenko V.A., Kashkovskiy V.I., Rakhmetov D.B., Blume Ya.B., Shulga S.M. Biobutanol Production from Plant Biomass. The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 187. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010187>.
 16. Melnychuk O.V., Ozheredov S.P., Rakhmetov D.B., Rakhmetova S.O., Yemets A.I., Blume Ya.B. The Technology Used for Synthetic Polyploid Production of *Miscanthus* as Cellulosic Biofuel Feedstock. The Open Agriculture Journal, 2020, 14: 164. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874331502014010164>.
 17. Sakheta A., Nayak R., O'Hara I., Ramirez J. A review on modelling of thermochemical processing of biomass for biofuels and prospects of artificial intelligence-enhanced approaches. Bioresource Technology, 2023, 386: 129490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129490>.
 18. Perr-Sauera J., Ugirumurera J., Gafura J. et al. Applications of explainable artificial intelligence in renewable energy research. Energy Reports, 2025, 14: 2217–2235. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.08.046>.
 19. Kanwal F., Aslam A., Torriero A.A.J. Microalgae-based biodiesel: integrating AI, CRISPR and nanotechnology for sustainable biofuel development. Emerging Topics in Life Sciences, 2025, 8: 131–143. DOI: <https://doi.org/10.1042/ETLS20240004>.

Інтернет-ресурси:

1. Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел (нова редакція) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text.
2. Закон України «Про альтернативні види палива» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>.
3. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1391-17>.
4. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text>.