

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

«19» червня 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G 21 Біотехнології та біоінженерія

Освітня програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробники: *Прилуцька Світлана Володимирівна*, д.б.н., завідувач кафедри
фізіології, біохімії рослин та біоенергетики, професор

Ткаченко Тетяна Анатоліївна, к.б.н., доцент кафедри фізіології, біохімії рослин та
біоенергетики, доцент

Київ – 2025 р.

Опис навчальної дисципліни «Біоенергетичні основи біотехнологічних процесів»

Дисципліна вивчає молекулярні основи утворення та використання енергії, молекулярні форми її акумулювання в живих організмах на клітинному рівні. Енергетичний обмін в живих системах може бути описаний першим законом термодинаміки, а саме під час реалізації різноманітних біохімічних реакцій загальна кількість енергії залишається сталою. Дисципліна спрямована на формування визначених освітньо-науковою програмою професійних компетентностей та можливостей для застосування у професійній діяльності теоретичних знань про біоенергетичні процеси на клітинному рівні, як основу життєдіяльності живих організмів; провідну роль мітохондрій та хлоропластів в забезпеченні та утворенні енергії в клітинах; метаболічні і біоенергетичні процеси, що забезпечують клітинне дихання, окисне фосфорилування та утворення енергії, що є базисом біоенергетичних основ біотехнологічних процесів.

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Магістр	
Спеціальність	G 21 Біотехнології та біоінженерія	
Освітня програма	Екологічна біотехнологія та біоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	—	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної форми навчання		
	денна форма здобуття вищої освіти	заочна форма здобуття вищої освіти
Курс (рік підготовки)	1	-
Семестр	2	-
Лекційні заняття	15 год.	-
Практичні заняття	30 год.	-
Самостійна робота	75 год.	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	3 год.	-

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Біоенергетичні основи біотехнологічних процесів» є вивчення молекулярних основ утворення, акумуляції та використання енергії, закономірностей протікання різних метаболічних шляхів та їх взаємозв'язків на

різних рівнях організації живої матерії, теоретичних засад визначення рівня та ефективності енерготрансформації у клітині та у біотехнологічних системах відновлювальної енергетики.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у біотехнології, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інноваційних біотехнологічних науково-технічних розробок, характеризується невизначеністю умов і вимог.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

K11. Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання.

K17. Здатність обґрунтовувати, реалізовувати та оптимізувати проектно-конструкторські рішення в галузі біотехнології.

K18. Здатність організовувати виробництво і управляти біотехнологічними процесами в умовах промислового виробництва та науково-дослідних лабораторій.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПР06. 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.

ПР07. 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.

ПР10. 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.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин				
	денна форма здобуття вищої освіти				
	тижні	усього	у тому числі		
			лекцій	практичних	самостійних
Модуль 1. Основи біоенергетики клітини					
1.1. Взаємозв'язок біоенергетики та біотехнології. Принципи і закони біоенергетики клітини. Сучасні методи біоенергетики та біотехнології	1-2	16	2	4	10

1.2. Транспорт речовин через біологічні мембрани. Анаболічні та катаболічні процеси. Ендерогонічні та екзерогонічні реакції.	3-4	16	2	4	10
1.3. Загальна характеристика та етапи клітинного дихання: гліколіз; цикл Г. Кребса; електронтранспортний ланцюг мітохондрій. Коферменти (НАД ⁺ , ФАД, КоА).	5-6	16	2	4	10
1.4. Окиснення жирних кислот. Хеміосмотична гіпотеза Мітчелла. Макроергічні сполуки. Структура і синтез АТФ. Контроль за модулем 1	7-8	17	2	5	10
Всього за модуль 1		65	8	17	40
Модуль 2. Біоенергетичне забезпечення фізіологічних функцій. Фотосинтез.					
2.1. Фотосинтез як основа біоенергетики. Фотосинтетичні пігменти. Фотосистеми. Фази фотосинтезу. С3-, С4-шляхи фіксації CO ₂ , САМ-метаболізм. Фотодихання.	8-9	21	2	4	15
2.2. Особливості біоенергетики бактерій.	10-11	16	2	4	10
2.3. Енергетика руху. Біоенергетичні процеси міокарду та мозку. Речовини, які впливають на енергетичний обмін у клітинах. Контроль за модулем 2	12-14-15	18	3	5	10
Всього за модуль 2		55	7	13	35
Всього		120 год	15 год	30 год	75 год

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Взаємозв'язок біоенергетики та біотехнології. Принципи і закони біоенергетики клітини. Сучасні методи біоенергетики та біотехнології	2

2	Транспорт речовин через біологічні мембрани. Анаболічні та катаболічні процеси. Ендерогонічні та екзерогонічні реакції.	2
3	Загальна характеристика та етапи клітинного дихання: гліколіз; цикл Г. Кребса; електронтранспортний ланцюг мітохондрій. Коферменти (НАД ⁺ , ФАД, КоА).	2
4	Окиснення жирних кислот. Хеміосмотична гіпотеза Мітчелла. Макроергічні сполуки. Структура і синтез АТФ	2
5	Фотосинтез як основа біоенергетики. Фотосинтетичні пігменти. Фотосистеми. Фази фотосинтезу. С3-, С4- шляхи фіксації СО ₂ , САМ-метаболізм. Фотодихання. Штучний фотосинтез. Поняття фітоенергетичних рослин.	2
6	Особливості біоенергетики бактерій.	2
7	Енергетика руху. Біоенергетичні процеси міокарду та мозку. Речовини, які впливають на енергетичний обмін у клітинах.	3
Всього		15

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення стаціонарного стану термодинамічної системи та критеріїв його досягнення у біологічних системах	2
2	Ентальпія. Тепловий ефект біохімічної реакції	2
3	Вивчення принципів зв'язування лігандів з макромолекулами в біополімерах	2
4	Вивчення механізмів формування потенціалу спокою і потенціал дії на клітинній мембрані	2
5	Маркерні ензими плазматичної мембрани та ендомембран	2
6	Макроергічні сполуки	2
7	Вивчення шляхів активування та інгібування ферментів	2
8	Глюкоза як ключовий метаболіт обміну вуглеводів	2
9	Вивчення механізмів регуляції циклу трикарбонових кислот	2
10	Енергетичний обмін. Окисне фосфорилювання	2
11	Кількісне визначення пігментів листка	2
12	Дослідження ферментів дихання рослин	2
13	Дослідження основних компонентів антиоксидантної системи рослин	2
14	Застосування іммобілізованих ферментів та клітин у біотехнологічних процесах	2
15	Вивчення хімізму м'язового скорочення	2
Всього		30

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Біологічний матеріал (тканини, клітини). Виділення субклітинних фракцій	4

2	Методи виділення, очистки та розділення білків	4
3	Якісна та кількісна оцінка хімічного складу біомолекул	4
4	Ферменти. Маркерні ферменти біологічних мембран	4
5	Ферментативні реакції у клітині	4
6	Оксидазний, пероксидазний, оксигеназний і вільнорадикальний шлях використання кисню в організмі	4
7	Енергетичний баланс катаболізму вуглеводів	4
8	Глюконеогенез	4
9	Внутрішньоклітинний обмін ліпідів: перетворення гліцеролу	4
10	Загальні шляхи обміну амінокислот: ферменти, коферменти та механізми дезамінування, трансамінування та декарбоксилювання	4
11	Утворення нуклеотидних коферментів	4
12	Принципи реалізації генетичної інформації: біосинтез нуклеїнових кислот і білків. Експресія генів	4
13	Механізми регуляції клітинної загибелі й виживання клітин	4
14	Іони Na^+ і регуляція внутрішньоклітинного pH	4
15	Бактеріальні Na^+ -АТФ-ази. Na^+/K^+ -АТФ-аза і Na^+ -АТФ-аза тварин	4
16	Біохімічні процеси у рослин в період спокою	5
17	Роль креатину та креатинфосфату у скороченні м'язів	5
18	Мікробіологічний метод отримання ензимів	5
Всього		75

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання

- екзамен;
- модульні тести;
- усне та письмове опитування;
- захист практичних робіт;
- реферати;
- пірінгове оцінювання, самооцінювання.

7. Методи навчання:

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебатів;
- метод командної роботи;

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Основи біоенергетики клітини		
Практична робота 1.	ПРН 6; ПРН 7; ПРН 10.	8
Практична робота 2.		8
Практична робота 3.		8
Практична робота 4.		8
Практична робота 5.		8
Практична робота 6.		8
Практична робота 7.		8
Самостійна робота		24
Модульна контрольна робота 1.		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Біоенергетичне забезпечення фізіологічних функцій. Фотосинтез		
Практична робота 8.	ПРН 6; ПРН 7; ПРН 10.	5
Практична робота 9.		5
Практична робота 10.		5
Практична робота 11.		5
Практична робота 12.		5
Практична робота 13.		5
Практична робота 14.		5
Практична робота 15.		5
Самостійна робота		30
Модульна контрольна робота 2.		30
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 \cdot 0,7 \leq 70$	
Екзамен/залік	30	
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування)

9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/section.php?id=45687>)
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної форми здобуття вищої освіти;

10. Рекомендовані джерела інформації

Біоенергетичні основи біотехнологічних процесів: методичні вказівки до практичних занять / С.В. Прилуцька, Т.А. Ткаченко. Київ : НУБіП України, 2025. 66 с.

Біохімія: навчальний посібник / С.В. Прилуцька, І.І. Гринюк, Т.А. Ткаченко. Київ : НУБіП України, 2022. 193 с.

Бабський А., Іккерт О, Манько В. Основи біоенергетики : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 312 с.

Біохімія та біотехнологія рослин: навчальний посібник / [уклад. Шемедюк Н.П.]. Львів: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, 2024. 257 с.

Буцяк В.І., Швед О.В. Основи біотехнологічних процесів: навчальний посібник. Львів. 2021. 125 с.

Наконечна О.А., Бачинський Р.О. Біохімія ферментів. Аспекти медичної ензимології : навч.-метод. посібник. Харків, 2020. 48 с.

Основи біотехнологій: навчально-методичний посібник / [уклад. Шемедюк Н.П.] Львів: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, 2021. 111 с.

Пирог Т.П., Пенчук Ю.М. Біохімічні основи мікробного синтезу: підручник. К.: Ліра-К, 2020. 258 с.

Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології: підручник. Київ: Наукова думка, 2024. 196 с.

Промислова біотехнологія: курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Біотехнології та біоінженерія» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. О. І. Юлевич. Миколаїв : МНАУ, 2024. 159 с.

Склярів О.Я., Фартушок Н.В., Бондарчук Т.І. Біологічна хімія: підручник. Тернопіль: Укрмедкнига, 2020. 706 с.

Суховія М.І., Шафраньош І.І. Молекулярна біофізика: навчальний посібник. Ужгород :[ДВНЗ "УжНУ"], 2022. 54 с.

Yang, X., Heinemann, M., Howard, J., Huber, G., Iyer-Biswas, S., Le Treut, G., Lynch, M., Montooth, K. L., Needleman, D. J., Pigolotti, S., Rodenfels, J., Ronceray, P., Shankar, S., Tavassoly, I., Thutupalli, S., Titov, D. V., Wang, J., & Foster, P. J. (2021). Physical bioenergetics: Energy fluxes, budgets, and constraints in cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(26), e2026786118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2026786118>

Davor J. Bioenergetics: a bridge across life and universe / Davor Juretić. Boca Raton : CRC Press, 2021. DOI:10.1201/9781351172769

Juretić, Davor & Simunić, Juraj & Bonačić Lošić, Željana. (2019). Maximum Entropy Production Theorem for Transitions between Enzyme Functional States and Its Applications. Entropy. 21. 743. 10.3390/e21080743.

Інформаційні ресурси

<http://www.twirpx.com/>

http://elibrary.nubip.edu.ua/view/subjects/NC15_1_1.html