

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Факультету захисту рослин, біотехнологій та екології
«21» травня 2025 р.

***РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
КЛІТИННА БІОЕНЕРГЕТИКА***

Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітня програма «Біотехнології та біоінженерія»

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Розробник: зав. кафедри, д.б.н., проф. Прилуцька С.В.

Київ – 2025 р.

Опис навчальної дисципліни «КЛІТИННА БІОЕНЕРГЕТИКА»

Клітинна біоенергетика 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 освітньою 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, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	162 «Біотехнології та біоінженерія»	
Освітня програма	«Біотехнології та біоінженерія»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	1	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік) підготовки	4	5
Семестр	8	9
Лекційні заняття	13 год	2 год
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	26 год	4 год
Самостійна робота	111 год	144 год
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	3 год	

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Клітинна біоенергетика» є вивчення молекулярних основ утворення та використання енергії, молекулярних 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 освітньою 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 утворення енергії в клітинах; метаболічні і біоенергетичні процеси, що забезпечують клітинне дихання, окисне фосфорилювання та утворення енергії, що є базисом біоенергетичних основ біотехнологічних процесів.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю у біотехнології та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології та біоінженерії.

Загальні компетентності (ЗК):

K01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

K09. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

K13. Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології.

K14. Здатність працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах (мікроорганізми, гриби, рослини, тварини, віруси, окремі їхні компоненти).

Програмні результати навчання (ПРН):

ПР02. Вміти здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного, органічного та біологічного походження, використовуючи відповідні методи.

ПР04. Вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення

технологічного процесу, базуючись на знаннях, одержаних під час практичної підготовки.

ПР06. Вміти визначати та аналізувати основні фізико-хімічні властивості органічних сполук, що входять до складу біологічних агентів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди).

ПР07. Вміти застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології.

ПР10. Вміти проводити експериментальні дослідження з метою визначення впливу фізико-хімічних та біологічних факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність клітин живих організмів.

ПР12. Використовуючи мікробіологічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні та біохімічні методи, вміти здійснювати хімічний контроль (визначення концентрації розчинів дезінфікувальних засобів, титрувальних агентів, концентрації компонентів поживного середовища тощо), технологічний контроль (концентрації джерел вуглецю та азоту у культуральній рідині упродовж процесу; концентрації цільового продукту); мікробіологічний контроль (визначення мікробіологічної чистоти поживних середовищ після стерилізації, мікробіологічної чистоти біологічного агента тощо), мікробіологічної чистоти та стерильності біотехнологічних продуктів різного призначення.

ПР14. Вміти обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу.

ПР20. Вміти розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).

ПР22. Вміти враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні аспекти, вимоги охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки під час формування технічних рішень. Вміти використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

2. Програма та структура навчальної дисципліни «Клітинна біоенергетика»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л			п	лаб	інд	с.р.	л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Змістовий модуль 1. Біоенергетичне забезпечення фізіологічних функцій													
Тема 1. Молекулярні основи біоенергетики.	1	13	2		2		9	12	1				11
Тема 2. Сучасні методи клітинної біоенергетики.	2	11			2		9	12			1		11
Тема 3. Загальні закономірності метаболізму у живих організмів.	3	13	2		2		9	11					11
Тема 4. Транспорт речовин через біологічні мембрани.	4	11	0		2		9	11					11
Тема 5. Цикл лимонної кислоти.	5	13	2		2		9	11					11
Тема 6. Методи виділення органел і мембран клітин.	6	11			2		9	11					11
Тема 7. Дихальний ланцюг мітохондрій.	7	13	2		2		9	11					11
Тема 8. Методи дослідження біологічних мембран.	8	10			2		8	11			1		11
Тема 9. Хеміосмотична теорія Мітчелла.	9	12	2		2		8	11					11
Тема 10. Дослідження окисно-	10	10			2		8	12			1		11

відновного стану мітохондрій.												
Тема 11. Дихальний контроль у клітині.	11	12	2		2		8	11				11
Тема 12. Оцінка фотосинтезуючих властивостей.	12	10			2		8	11				11
Тема 13. Біоенергетика фотосинтезу.	13	11	1		2		8	14	1		1	12
Разом за змістовним модулем		150	13		26		111	150	2		4	144
Усього годин		150	13		26		111	150	2		4	144

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Молекулярні основи біоенергетики	2
2	Загальні закономірності метаболізму у живих організмів	2
3	Цикл лимонної кислоти	2
4	Дихальний ланцюг мітохондрій	2
5	Хеміосмотична теорія Мітчелла	2
6	Дихальний контроль у клітині	2
7	Біоенергетика фотосинтезу	1
	Разом	13

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<i>Методи виділення органел і мембран клітин</i>		
1	Недеструктивні методи виділення органел і мембран клітин	2
2	Методи розділення субклітинних компонентів. Ідентифікація та оцінка чистоти субклітинних фракцій	2
3	Методи визначення активності окисно-відновних ферментів	2
4	Методи виділення окремих органел і мембранних систем	2
<i>Сучасні методологічні підходи щодо дослідження біологічних мембран</i>		
5	Методи дослідження мембранних структур	2

6	Виділення і характеристика мембранних фракцій	2
7	Виділення і аналіз ліпідних компонентів мембран	2
8	Виділення та модифікація мембранних білків и пептидів	2
<i>Дослідження окисно-відновного стану мітохондрій</i>		
9	Методи визначення мембранного потенціалу органел і клітин	2
10	Оцінка цитотоксичних властивостей	2
<i>Дослідження фотосинтетичних процесів</i>		
11	Екстракція пластидних пігментів. Дослідження фізико-хімічних властивостей хлорофілу	2
12	Розділення пігментів хлоропластів хроматографічним методом	2
13	Кількісне визначення вмісту хлорофілу за допомогою спектрофотометрії	2
	Разом	26 год

5. Теми самостійної роботи

№ п/ п	Назва теми	К-сть годин
1	1. Закони термодинаміки. Вільна енергія (DG). Ентальпія. Ентропія. Макроергічні сполуки	8
2	Система цитохромів. Цитохром с. Цитохром-оксидаза. Fe-S-білки	8
3	Альтернативні шляхи тканинного дихання. Окисно-відновні потенціали	8
4	Механізм спряження дихання і фосфорилування в мітохондріях. Гіпотези хеміосмотичного спряження, хімічного спряження та конформаційного спряження	8
5	Вільне, нефосфорилуюче окиснення	8
6	Біоенергетика і порушення обміну речовин. Гіпоенергетичні стани	8
7	Конвертуюча енергетична «валюта» живої клітини. $\Delta\mu\text{H}$, $\Delta\mu$, $\Delta\mu\text{Na}$, $\Delta\mu$	7
8	Будова біологічних мембран. Ліпідний компонент біомембран	7
9	Використання детергентів в мембранології	7
10	Процеси анаеробного бродіння (гліколіз, шлях Ентнера-Дудорова, масляно-кисле, ацетоно-бутилове бродіння)	7
11	Сучасні методи клітинної біоенергетики	7
12	Особливості біоенергетики аеробних та анаеробних бактерій	7
13	Na^+ , K^+ та Ca^{2+} -транспортувальні системи у мітохондріях	7
14	Про- та антиоксидантні механізми пероксидного окиснення	7

	ліпідів	
15	Мітохондрії як «мішень» дії за протипухлинних, протидіабетичних, протиішемійних та ін. терапевтичних підходів до лікування	7
	Разом	111 год

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- модульні тести;
- реферати;
- захист лабораторних робіт.

7. Методи навчання:

- метод практико-орієнтованого навчання;
- метод змішаного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму.

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. Біоенергетичне забезпечення фізіологічних функцій		
Модульна контрольна робота 1.		100
Всього за модулем 1		100
Навчальна робота	$M1 * 0,7 \leq 70$	
Екзамен		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 (екзамен)
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). Самостійні роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу та/або електронні джерела.
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету).

9. Навчально-методичне забезпечення:

електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4725>);

- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Бабський А, Іккерт О, Манько В. Основи біоенергетики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 312 с. – (Серія «Біологічні студії»).
2. Александрова К.В. Особливості енергообміну в живих організмах. – Запоріжжя, 2012. – 106 с.
3. Огурцов А.Н. Молекулярна біоенергетика клітини. – Харків: НТУ «ХП», 2019. – 112 с.
4. Гребеник Л.І., Висоцький І.Ю. Курс лекцій з біохімії. Розділ «Загальні закономірності метаболізму. молекулярні основи біоенергетики». – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 74 с.
5. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2018. – 567 с.