**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
«21» травня 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 фосфорилювання 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.

*Загальні компетентності (ЗК):*

ЗК 10. Здатність розробляти та реалізовувати комерційні та науково-технічні плани і проекти в галузі біотехнології з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи технічні, виробничі, експлуатаційні, комерційні, правові, питання охорони праці і навколишнього середовища.

*Спеціальні (фахові) компетентності (СК):*

СК 17. Здатність обґрунтовувати, реалізовувати та оптимізувати проектно-конструкторські рішення в галузі біотехнології.

***Програмні результати навчання (ПРН):***

ПРН 3. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проектно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу.

ПРН 13. Формулювати і оцінювати вимоги, обґрунтувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов біотехнологічного виробництва з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.

## 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: | | 16 | 2 | 4 | 10 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| гліколіз; цикл Г. Кребса; електронтранспортний ланцюг мітохондрій. Коферменти (НАД$^+$, ФАД, КоА). | | | | | |
| 1.4. Окиснення жирних кислот. Хеміосмотична гіпотеза Мітчелла. Макроергічні сполуки. Структура і синтез АТФ. | 5-6 | 16 | 2 | 4 | 10 |
| Контроль за модулем 1 | 7 | 1 | | 1 | |
| 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 | 12-14 | 17 | 3 | 4 | 10 |
| Контроль за модулем 2 | 15 | 1 | | 1 | - |
| 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 $CO_2$, 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 | 4 |

| | | |
|---|---|---|
| | організмі | |
| 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 3; ПРН 13. | 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 3; ПРН 13. | 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** | **(М1 + М2)/2*0,7 ≤ 70** | |
| **Екзамен/залік** | **30** | |
| **Всього за курс** | **(Навчальна робота + екзамен) ≤ 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) 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/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**


Губський Ю.І. Біологічна хімія / Ю.І. Губський. – Київ; Вінниця: Нова книга, 2009.

Гонський Я.І. Біологічна хімія: Лабораторний практикум. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001.

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

Гребеник, Л.І. Курс лекцій з біохімії. Розділ "Загальні закономірності метаболізму. Молекулярні основи біоенергетики" : для студ. спец. 7.110101 денної форми навчання / Л.І. Гребеник, І.Ю. Висоцький. - Суми : СумДУ, 2011. - 74 с.

Галяс В. Л. Біохімічний і біотехнологічний словник / В. Л. Галяс, А. Г. Колотницький. — Львів : Оріяна, 2006. 468 с.

Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошниченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2008. – 567 с.

Мусієнко М. М. Фотосинтез: навч. посібник для студ. вузів, що вивч. дисципліну «Фотосинтез» / М. М. Мусієнко. - К. : Вища шк., 1995. - 247 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

Nicholls, David G. Bioenergetics. Fourth edition. Amsterdam : Academic Press, Elsevier, 2013 9780123884251 (DLC) 2013474202 (OCoLC)828415543


**Інформаційні ресурси**

http://www.twirpx.com/

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