

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-163М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з навчальної дисципліни «Біоенергетика»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол №4 від 21.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біоенергетика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Грицина О. О., Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2025. – 17 с.

Укладачі: Грицина О. О., к.т.н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Бедункова О. О., д.б.н., професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності

162 «Біотехнології та біоінженерія»

Грицина О. О.

© О. О. Грицина,
О. О. Бедункова, 2025
© НУВГП, 2025

З М І С Т

ВСТУП.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Методи зберігання та акумулювання відновлюваної енергії.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Використання мікроводоростей у біоенергетиці.....	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Виробництво біоетанолу шляхом ферментації.	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. Біосинтез біопалива з мікроводоростей.	11
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Синтез біодизелю з рослинних олій.	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Екстракція пігментів з водоростей для біопалива та очищення доквілля.	15
ЛІТЕРАТУРА.....	17

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біоенергетика» передбачають виконання лабораторних робіт (12 години) згідно силабусу. Виконання робіт передбачається в лабораторіях НУВГП, зокрема лабораторії «Біотехнології, біоробототехніки та біоенергетики» та за потреби із використанням платформи «Labster» в комп'ютерному класі НУВГП або на ПК, планшеті чи мобільному телефоні здобувача вищої освіти. Студенти долучаються викладачем до платформи на початку семестру. Режим доступу до виконання робіт на платформі : <https://my.labster.com/> .

Звіт про виконання лабораторної роботи готується відповідно до форми наведеної у методичних вказівках та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Методи зберігання та акумулювання відновлюваної енергії.

Мета роботи. Вивчити особливості відновлюваної енергії та її зв'язок з хімічними реакціями.

Теоретичні відомості. Під час цієї роботи ви вивчите основні принципи термодинаміки і навчитесь визначати енергію хімічної сполуки за допомогою методу калориметрії. Нижче наведено список усіх теоретичних питань, які допоможуть вам у навчанні:

- ✓ Перший закон термодинаміки.
 - ✓ Види енергії.
 - ✓ Калориметрія.
 - ✓ Загальна теплоємність.
 - ✓ Питома теплоємність.
 - ✓ Калориметр постійного тиску.
 - ✓ Калориметр постійного об'єму.
 - ✓ Ентальпія.
 - ✓ Тепло та енергія.
 - ✓ Питома енергія.
 - ✓ Ентальпії утворення та реакції.
 - ✓ Екзотермічні та ендотермічні реакції.
 - ✓ Стандартні стани елементів.
 - ✓ Закон Гесса.
 - ✓ Друге начало термодинаміки.
 - ✓ Ентропія.
 - ✓ Пояснення ентропії через ймовірність.
 - ✓ Приклади процесів, де ентропія зростає.
 - ✓ Вільна енергія Гіббса.
 - ✓ Приклади процесів, які є спонтанними лише вище або нижче певної температури.
 - ✓ Приклади реакцій, які завжди або ніколи не є спонтанними.
- Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Методи зберігання та акумулювання відновлюваної енергії"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Визначити основні поняття термодинаміки: ентропія, ентальпія та вільна енергія Гіббса, а також їхні одиниці виміру.
- ✓ Пояснювати перший і другий закони термодинаміки.
- ✓ Розуміти та застосовувати поняття спонтанності реакції.

- ✓ Пояснювати різницю між ентальпією горіння та ентальпією утворення.
- ✓ Розуміти зв'язок між внутрішньою енергією та ентальпією.
- ✓ Застосовувати закон Гесса у зв'язку з розрахунками зміни ентальпії.
- ✓ Поняття екзотермічної та ендотермічної реакцій.

Техніка, що використовується під час проведення лабораторної роботи:

- ✓ Калориметрія.

Хід виконання. Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Дотримуйтеся термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтеся наступного алгоритму роботи:

1. Опишіть загальну мету та висуньте відповідну гіпотезу.
2. Сформулюйте відповідні базові знання з цієї теми.
3. Підсумуйте кроки, зроблені під час роботи.
4. Поясніть отримані результати.
5. Обговоріть висновки та результати.

Режим доступу до виконання роботи на платформі :

[Хід роботи "Методи зберігання та акумулювання відновлюваної енергії"](#)

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Методи зберігання та акумулювання відновлюваної енергії"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Використання мікроводоростей у біоенергетиці.

Мета роботи. Виконати лабораторний експеримент та знайти успішну реакцію, яка може перетворити водорості на біодизель.

Теоретичні відомості. Разом з експериментом з виробництва біодизеля ви дізнаєтесь більше про хімічні процеси, які беруть участь у цій реакції. Зрозумійте компоненти водоростей, теоретичне використання обраних реагентів та основні зміни в молекулярній структурі, необхідні для успішного перебігу реакції.

Нижче наведено список усіх теоретичних питань, які допоможуть вам у навчанні:

- ✓ Виробництво біодизеля.
- ✓ Умовні позначення небезпечних речовин.
- ✓ Витяжна шафа.
- ✓ Паспорт безпеки метанолу.
- ✓ Небезпека метанолу.
- ✓ Властивості метанолу.

Режим доступу до теоретичної частини :

[Теорія "Використання мікроводоростей у біоенергетиці"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Зрозуміти реакцію перетворення водоростей на біодизель.
- ✓ Навчитися проводити експеримент з виробництва біодизеля.

біодизеля.

- ✓ Навчитесь безпечно працювати в лабораторії.
- ✓ Як користуватися таким обладнанням, як нагрівальна плита та магнітна мішалка.

Техніка, що використовується під час проведення лабораторної роботи:

- ✓ Трансестерифікація.
- ✓ Експеримент з виробництва біодизеля у витяжній шафі.
- ✓ Нагрівання реакційних сумішей на плитці.
- ✓ Магнітна мішалка.

Хід виконання. Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Опишіть загальну мету та висуньте відповідну гіпотезу.
2. Сформууйте відповідні базові знання з цієї теми.
3. Підсумуйте кроки, зроблені під час роботи.
4. Поясніть отримані результати.
5. Обговоріть висновки та результати.

Режим доступу до виконання роботи на платформі :

[Хід роботи "Використання мікроводоростей у біоенергетиці"](#)

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Використання мікроводоростей у біоенергетиці"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Виробництво біоетанолу шляхом ферментації.

Мета роботи. Виконати лабораторні дослідження росту дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* з метою якнайшвидшого виробництва біоетанолу.

Теоретичні відомості. Під час лабораторної роботи ви дізнаєтеся, як виробляти біоетанол за допомогою дріжджових клітин, використовуючи ферментер або біореактор. Нижче наведено список відповідних теоретичних питань для підготовки до роботи:

- ✓ Виробництво етанолу.
- ✓ Ферментатор.
- ✓ Підготовка до бродіння.
- ✓ Процес ферментації.
- ✓ Культивування дріжджової культури.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Виробництво біоетанолу шляхом ферментації"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Моделювати дріжджову періодичну ферментацію.
- ✓ Описати принципи ферментації та її застосування.
- ✓ Узагальнити основні компоненти ферментера та їх функції.
- ✓ Експериментувати з впливом температури, рН, газів та перемішування на ферментацію.
- ✓ Якісно аналізувати криві росту для визначення оптимальних параметрів росту.

Техніка, що використовується під час проведення лабораторної роботи:

- ✓ Асептична техніка.
- ✓ Біореактор або ферментер.

Хід виконання. Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Опишіть загальну мету та висуньте відповідну гіпотезу.
2. Сформуйте відповідні базові знання з цієї теми.
3. Підсумуйте кроки, зроблені під час роботи.
4. Поясніть отримані результати.

5. Обговоріть висновки та результати.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Виробництво біоетанолу шляхом ферментації"](#).

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Виробництво біоетанолу шляхом ферментації"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. Біосинтез біопалива з мікрободоростей.

Мета роботи. Встановити чи можуть пігменти водоростей використовувати зелене світло для фотосинтезу.

Теоретичні відомості. Як ми можемо виміряти енергію, що виробляється в процесі фотосинтезу? У процесі фотосинтезу використовується ланцюг транспорту електронів. Вимірюючи потік електронів за допомогою реакції Хілла, ми можемо дізнатися про енергію, вироблену фотосинтезом.

Нижче наведено список усіх теоретичних питань, які допоможуть вам у навчанні:

- ✓ Локація фотосинтезу.
- ✓ Реакція Хілла.
- ✓ Окисно-відновний потенціал.
- ✓ Експериментальний контроль.
- ✓ Спектри поглинання пігментів.

Режим доступу до теоретичної частини :

[Теорія "Біосинтез біопалива з мікрободоростей"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Розуміти властивості світла та чому пігменти є кольоровими.
- ✓ Розробляти гіпотезу та ставити експеримент для її перевірки.
- ✓ Розуміти, як вимірювати окисно-відновний потенціал ланцюга транспорту електронів.
- ✓ Інтерпретуватимете спектри поглинання.

Техніка, що використовується під час проведення лабораторної роботи:

- ✓ Реакція Хілла.
- ✓ Спектрофотометрія.

Хід виконання. Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Дотримуйтесь термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтесь наступного алгоритму роботи:

1. Опишіть загальну мету та висуньте відповідну гіпотезу.
2. Сформууйте відповідні базові знання з цієї теми.

3. Підсумуйте кроки, зроблені під час роботи.
4. Поясніть отримані результати.
5. Обговоріть висновки та результати.

Режим доступу до виконання роботи на платформі : [Хід роботи "Біосинтез біопалива з мікроводоростей"](#).

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Біосинтез біопалива з мікроводоростей"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Синтез біодизелю з рослинних олій.

Мета роботи. Отримати біодизель (метиловий ефір) шляхом естерифікації ріпакової чи соняшникової олії.

Теоретичні відомості. Вважається, що з тони насіння ріпаку можна отримати 300 кг (30%) ріпакової олії, а з цієї кількості олії виробляють близько 270 кг біодизеля. Вихід неочищеного гліцеролу при цьому складає 5-10%. З нього, після очистки, виробляють миючі засоби, рідке мило і фосфорні добрива. Гліцерол також можна використовувати як паливо. Крім того, побічним продуктом виробництва біодизеля є макуха, яка залишається після видавлювання олії холодним способом [1].

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Синтез біодизелю з рослинних олій"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Розуміти з якої сировини отримують біодизель.
- ✓ Описати хімічні перетворення, які лежать в основі виробництва біодизельного палива.
- ✓ Розуміти переваги використання біодизельного палива в порівнянні з традиційними видами палива.

Обладнання, матеріали та реактиви: електронні ваги, магнітна мішалка, ділильна лійка, лабораторний штатив, колби на 250 і 100 см³, хімічні склянки на 150 см³, рослинна олія, метанол (або етанол), гідроксид калію КОН.

Хід виконання. Відміряють 25 см³ метанолу (якщо в лабораторії заборонено працювати з метанолом то рекомендується використовувати етанолову технологію переестерифікації) за допомогою циліндра. На електронних вагах зважують 1 г КОН. Метанол переливають в колбу місткістю 50 см³, туди ж додають КОН.

Закривають горло колби фольгою, щоб зменшити випаровування спирту, та розмішують за допомогою магнітної мішалки до повного розчинення КОН в метанолі. Реакція відбувається з виділенням теплоти. В колбу місткістю 250 см³ наливають 100 см³ рослинної олії, занурюють термометр та нагрівають олію до 60 °С, потім переливають в колбу суміш метанолу з КОН.

При постійному перемішуванні та нагріві витримують колбу протягом 30 хв. Вміст колби переливають в ділительну лійку і відстоюють. Під час відстоювання відбувається гравітаційне розділення суміші на біодизель (залишається в верхній частині) і гліцерол (опускається вниз). Час повного відстоювання становить близько 2 годин, однак вже в перші 15 хв в основному розділяється вся суміш. Зливають гліцерол в попередньо зважену хімічну склянку. В іншу хімічну склянку зливають біодизель. Зважують отримані продукти реакції та роблять висновки про вихід біодизеля та гліцеролу за даною методикою [1].

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Синтез біодизелю з рослинних олій"](#).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Екстракція пігментів з водоростей для біопалива та очищення доквілля.

Мета роботи. Виконати виробництво біопалива з водоростей, використовуючи надлишок поживних речовин з ферми, а також тепло і CO₂ з вугільної електростанції.

Теоретичні відомості. Більшість пігментів, таких як хлорофіл, є гідрофобними. Однак деякі з них мають різні кон'юговані системи, які роблять їх хімічно різноманітними. Оскільки ваша мета - витягти всі пігменти з темних водоростей, ви повинні ретельно продумати, які типи розчинників вам потрібно використовувати для цього.

Нижче наведено список усіх теоретичних питань, які допоможуть вам у навчанні:

- ✓ Локація фотосинтезу.
- ✓ Реакція Хілла.
- ✓ Окисно-відновний потенціал.
- ✓ Експериментальний контроль.
- ✓ Спектри поглинання пігментів.

Режим доступу до теоретичної частини : [Теорія "Екстракція пігментів з водоростей для біопалива та очищення доквілля"](#).

Цілі навчання. Після завершення цієї роботи ви зможете:

- ✓ Розуміти важливість та застосування фотосинтезу.
- ✓ Розуміти властивості світла та чому пігменти є кольоровими.
- ✓ Аналізувати спектри поглинання та хімічні властивості пігментів.
- ✓ Розвивати гіпотезу та ставити експеримент для її перевірки.

Техніка, що використовується під час проведення лабораторної роботи:

- ✓ Центрифугування.
- ✓ Екстракція пігментів.
- ✓ Спектрофотометрія.

Хід виконання. Перед початком роботи переконайтеся, що Вас додано до списку груп виконавців лабораторної роботи. Дотримуйтеся термінів встановлених до виконання цієї роботи. Під час виконання роботи передбачається тестування на платформі.

Дотримуйтеся наступного алгоритму роботи:

1. Опишіть загальну мету та висуньте відповідну гіпотезу.

2. Сформуйте відповідні базові знання з цієї теми.
3. Підсумуйте кроки, зроблені під час роботи.
4. Поясніть отримані результати.
5. Обговоріть висновки та результати.

Режим доступу до виконання роботи на платформі :

[Хід роботи "Екстракція пігментів з водоростей для біопалива та очищення доквілля"](#)

Оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. Звіт виконується відповідно до форми та завантажується на перевірку у навчальну платформу університету [Навчальна дисципліна "Біоенергетика"](#).

Режим доступу до форми звіту : [Звіт "Екстракція пігментів з водоростей для біопалива та очищення доквілля"](#).

ЛІТЕРАТУРА

1. Ukraine's Ministry of Education and Science and Labster Partner to Support Ukrainian STEM Students. URL: <https://www.labster.com/ua/press-announcement>.
2. The Student's Guide to Labster. URL: <https://www.labster.com/guides/the-students-guide-to-labster>.
3. Marquis, C. et Poellhuber, B. Gabarit de planification d'un scénario pédagogique en réalité virtuelle. 2022.
4. Екобіотехнологія та біоенергетика: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» та 163 «Біомедична інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. Ю. Козар, Л.С. Зубченко – Електронні текстові дані (1 файл: 881 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 63с.
5. Пирог Т. П. Загальна біотехнологія : підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2009. – 335 с.
6. Грегірчак Н. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Н. М. Грегірчак, М. М. Антонюк, - К.: НУХТ, 2011. - 59 с.
7. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник. М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В. Коломієць. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 253 с.
8. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. для студ. / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В. П. Новіков. - Львів : Львівська політехніка, 2004. – 460 с.
9. Seidman, L.A., Moore, C.J., & Mowery, J. Basic Laboratory Methods for Biotechnology: Textbook and Laboratory Reference (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429282799>, 2021. – 1210 p.