

# НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Державна установа  
«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Директор ДУ «ІХБГ НАН України»  
академік НАН України  
Я.Б.Блюм  
наказ № 17 від 22 червня 2021 р.

## ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### БІОТЕХНОЛОГІЯ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: БІОПАЛИВА

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії  
галузь знань 09 «Біологія»

спеціальність 091«Біологія

профіль підготовки «Біотехнологія», «Молекулярна генетика»,  
«Цитологія, клітинна біологія, гістологія»

КИЇВ – 2021

Робоча програма навчальної дисципліни «**Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» за профілями підготовки «Біотехнологія», «Молекулярна генетика», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія» «22» червня 2021 року – 16 с.

**Розробники:**

Циганков С.П., д.т.н., с.н.с.

Робоча програма дисципліни «Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива» схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» (протокол № 10 від «22» червня 2021 року).

Робоча програма дисципліни «Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива» розглянута на засіданні випускового відділу геноміки та молекулярної біотехнології ДУ «ІХБГ НАН України».

Завідувач відділу академік НАН України

Я.Б.Блюм

16 червня 2021

© Циганков С.П., 2021 рік

© \_\_\_\_\_, 20\_\_ рік

© \_\_\_\_\_, 20\_\_ рік

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «**Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива**» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за *спеціальністю* 091 «Біологія» за *профілями підготовки* «Біотехнологія» «Молекулярна генетика», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія» .

Дана дисципліна є вибірковою навчальною дисципліною за *спеціальністю* 091 «Біологія».

Викладається у 3 семестрі II курсу аспірантури **в обсязі – 90 год (3 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 16 год, практичні роботи - 14 год, самостійна робота – 60 год.* У курсі передбачено 2 *змістових модулі*. Завершується дисципліна **заліком**.

**Мета дисципліни** – отримання знань з біотехнології зеленої енергетики, що дозволяє формувати системне і цілісне уявлення про місце і роль енергетичних культур і новітніх об'єктів біоенергетики у технології біопалива.

### **Завдання –**

1. ознайомитись з потенціалом біоресурсів для виробництва біопалива;
2. ознайомитись з біологічними особливостями та технологіями вирощування енергетичних культур для отримання біопалива;
3. ознайомитись з новітніми технологіями виробництва і використання дизельного біопалива та біоетанолу;
4. ознайомитись з технічними засобами виробництва і використання твердих та рідких біопалив на сучасному устаткуванні та заводах.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- технологічні поняття, визначення, терміни в технології біопалива;
- сутність та доцільність застосування технологічних процесів у виробництві біопалива;
- технологічні схеми виробництва дизельного біопалива та біоетанолу, їх апаратурне оформлення;
- технічні вимоги та характеристики установок промислового типу для біопалива;
- чинне законодавче забезпечення діяльності у сфері біоенергоконверсії.

### **вміти:**

- використовувати нормативно-технічну документацію на біосировину, проводити інформаційний пошук в науковій літературі та інших джерелах науково-технічної інформації;
- порівнювати альтернативні варіанти виробництва палива;

- вести наукові дискусії з питання біоенергетики як нової галузі народного господарства;
- шукати шляхи, прийоми, способи і засоби для отримання альтернативних палив біологічного походження.
- виявляти закономірності в технологіях біопалив з метою формування в них наукового світогляду, професійної діяльності.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напряму підготовки).

Навчальна дисципліна «Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива» є обов'язковою навчальною дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» за профілем підготовки «Біотехнологія».

Дисципліна є базовою, що висвітлює систему загальних принципів і підходів до нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, методів, технології альтернативних палив біологічного походження; оцінку потенціалу біосировини, фундаментальні аспекти інтродукції, селекції і біотехнології рослин для енергоконверсії, характеристику продуктивності енергетичних культур, біологічні особливості та технології вирощування енергетичних культур, акцентує увагу на основах виробництва дизельного біопалива, новітніх технологіях у виробництві біоетанолу, обладнанні для виробництва і використання твердих та рідких біопалив, технологічних лініях для заводів дизельного біопалива.

#### **Зв'язок з іншими дисциплінами.**

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива» є обов'язкові дисципліни «Методологія наукових досліджень».

Навчальна дисципліна «Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива» є базовою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної підготовки третього (освітньо-наукового) рівня з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія за профілем підготовки «Біотехнологія», зокрема таких як «Геномна інженерія та синтетична біологія».

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Змістовий модуль 1. Характеристика ресурсів для виробництва біопалива**

#### **Тема 1. Характеристика і розподіл біоресурсів територією України (11 год)**

*Біоресурси для енергоконверсії. Оцінка потенціалу біосировини. Твердопаливна біосировина. Біоресурси для виробництва рідких палив. Сировина для біогазу.*

**Тема 2.** Фундаментальні аспекти інтродукції, селекції і біотехнології рослин для енергоконверсії (11 год)

*Схема біоенергоконверсії. Теоретичні засади використання ефективних джерел рослинної сировини. Відбір потенційних енергетичних рослин. Ресурсний потенціал високопродуктивних енергетичних рослин. Створення високоадаптивних сортів.*

**Тема 3.** Характеристика продуктивності енергетичних культур (12 год)

*Культури для переробки в тверді види палива і біогаз. Цукроносні рослини як сировина для виробництва біоетанолу. Високоолійні рослини - основа дизельного біопалива.*

**Тема 4.** Біологічні особливості та технології вирощування енергетичних культур (12 год)

*Нові культури для одержання твердого палива та біогазу. Морфологія і технології вирощування культур для виробництва біоетанолу. Біологічні основи інтродукції. Морфологічні особливості окремих енергетичних культур. Енергетичні культури для отримання дизельного біопалива*

**Змістовий модуль 2.** Новітні технології виробництва і використання біопалив

**Тема 5.** Основи виробництва дизельного біопалива (11 год)

*Характеристика рідких біопалив та їх використання. Ресурсозаощадження при вирощуванні олійних культур. Особливості виробництва олії на енергетичні потреби. Переробка олії в дизельне біопаливо. Схема технології виробництва естерів з олії.*

**Тема 6.** Новітні технології у виробництві біоетанолу (11 год)

*Загальні положення і характеристика сировини. Ферментація для отримання біоетанолу. Процеси одержання біобутанолу. Перегонка бражки і ректифікація біоетанолу. Дегідратація біоетанолу адсорбцією на молекулярних ситах. Переробка барди. Використання барди для отримання енергії. Автомобільні палива з біоетанолом.*

**Тема 7.** Обладнання для виробництва і використання твердих та рідких біопалив (12 год)

*Технічні засоби біоенергоконверсії. Порівняльна характеристика властивостей різних видів палива. Характеристика обладнання, розробленого для брикетування та гранулювання біомаси у виробництві твердих видів біопалива. Концепція впровадження обладнання для виробництва електроенергії з біомаси.*

**Тема 8.** Технологічні лінії для заводів дизельного біопалива (10 год)

*Технічні вимоги до дизельного біопалива та гармонізовані з нормами ЄС методи оцінки показників його якості. Схема ліній виробництва дизельного палива. Обладнання для виробництва біогазу. Схема біогазової установки. Характеристика біогазових установок промислового типу.*

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ,  
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

№ з/п	Назва	Кількість годин		
		лекції	практичні	СРС
<b>Змістовий модуль 1</b> <i>Характеристика ресурсів для виробництва біопалива</i>				
1	<b>Тема 1.</b> <i>Характеристика і розподіл біоресурсів території України.</i>	2	2	7
2	<b>Тема 2.</b> <i>Фундаментальні аспекти інтродукції, селекції і біотехнології рослин для енергоконверсії.</i>	2	2	7
3	<b>Тема 3.</b> <i>Характеристика продуктивності енергетичних культур.</i>	2	2	8
4	<b>Тема 4.</b> <i>Біологічні особливості та технології вирощування енергетичних культур.</i>	2	2	8
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
<b>Змістовий модуль 2</b> <i>Новітні технології виробництва і використання біопалив</i>				
5	<b>Тема 5.</b> <i>Основи виробництва дизельного біопалива.</i>	2	2	7
6	<b>Тема 6.</b> <i>Новітні технології у виробництві біоетанолу.</i>	2	2	7
7	<b>Тема 7.</b> <i>Обладнання для виробництва і використання твердих біопалив.</i>	2	2	8
8	<b>Тема 8.</b> <i>Технологічні лінії для заводів дизельного біопалива.</i>	2	-	8
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		<b>8</b>	<b>6</b>	<b>30</b>
<b>ВСЬОГО</b>		<b>16</b>	<b>14</b>	<b>60</b>

Загальний обсяг – 90 год (3 кредити ECTS), у тому числі:

Лекцій – 16 год.

Практичні заняття – 14 год.

Самостійна робота – 60 год.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1**

### *Характеристика ресурсів для виробництва біопалива*

#### **ТЕМА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА І РОЗПОДІЛ БІОРЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ (11 год)**

##### **Лекція 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСУРСІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА (2 год)**

##### **Практичне заняття 1 (2 год)**

1. Характеристика твердопаливної сировини.
2. Біоресурси для виробництва рідинних палив.
3. Сировина для виробництва біогазу.

##### **Завдання для самостійної роботи (7 год)**

*Характеристика енергетичних рослин, які використовують для виробництва біопалива.*

*Особливості технології збирання енергетичної сировини.*

##### **Контрольні запитання та завдання:**

1. Наведіть характеристику відходів сільськогосподарських культур для їх енергетичного використання.
2. Які фази проходить біомаса енергетичного призначення?
3. Від чого залежить енергетична цінність соломи?
4. Чим відрізняється сільськогосподарська біомаса від традиційних енергоресурсів?
5. Охарактеризуйте деревину як енергоресурс.
6. Наведіть розподіл енергетичного потенціалу відходів сільськогосподарських культур.
7. Які рослинні культури використовують для виробництва біопалива?
8. Охарактеризуйте міскант, що вирощується на енергетичні потреби.
9. Середня теплотворна здатність енергетичної сировини.
10. Наведіть розподіл енергетичного потенціалу енергетичних культур на території України.

##### **Рекомендована література:**

[1, 4, 17-18]

#### **ТЕМА 2. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ ІНТРОДУКЦІЇ, СЕЛЕКЦІЇ І БІОТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИН ДЛЯ ЕНЕРГОКОНВЕРСІЇ (11 год)**

##### **Лекція 2. ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІНТРОДУКЦІЇ, СЕЛЕКЦІЇ І БІОТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИН ДЛЯ ЕНЕРГОКОНВЕРСІЇ (2 год)**

##### **Практичне заняття 2 (2 год)**

1. Ресурсний потенціал високопродуктивних енергетичних рослин.

## 2. Створення високоадаптивних сортів.

### **Завдання для самостійної роботи (7 год)**

*Характеристика високопродуктивних культур для виробництва біопалива.*

*Схема біоенергоконверсії – перетворення енергії сонця в біоенергію через зелені рослини.*

### **Контрольні запитання та завдання:**

1. Найперспективніші рослинні джерела біопалива різних напрямів використання.
2. Основні засади використання енергетичних рослин з надзвичайно високим продукційним потенціалом для біоенергоконверсії в Україні.
3. Які аспекти враховуються при підборі культур для використання у виробництві біопалива?
4. Теоретичні засади використання ефективних джерел рослинної сировини шляхом інтродукції, селекції, біотехнології нових енергетичних культур.
5. Класифікація енергетичних рослин за біоекологічними особливостями та напрямками використання.
6. Характеристика ресурсного потенціалу енергетичних рослин залежно від напрямку використання на біопаливо.
7. Ресурсний потенціал високопродуктивних цукроносних рослин в межах основних ботанічних родин як сировина для біоетанолу.
8. Ресурсний потенціал високоолійних рослин в межах основних ботанічних родин.
9. Ресурсний потенціал високопродуктивних енергетичних рослин в межах основних ботанічних родин як сировина для твердого біопалива та біогазу.
10. Характеристика високопродуктивних сортів олійних культур для використання сировини на біодизель.

### **Рекомендована література:**

[1, 5-7, 9-11]

## **ТЕМА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (12 год)**

### **Лекція 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (2 год).**

#### **Практичне заняття 3 (2 год)**

- 1 *Високоолійні рослини - основа дизельного біопалива.*
- 2 *Цукроносні рослини як сировина для виробництва біоетанолу та біобутанолу.*

### **Завдання для самостійної роботи (8 год)**

*Категорії енергетичних культур.*

*Потенціальна продуктивність сировини енергетичних культур за виходом біопалива.*

*Потенційна продуктивність олійних культур як сировини для дизельного біопалива.*



*Технологія безвихідної переробки насіння рицини.  
Паливні характеристики енергетичних культур.  
Вирощування енергетичних культур в Україні.*

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Використання рослин для виробництва біопалива.
2. Порівняльна характеристика продуктивності перспективних енергетичних культур.
3. Порівняльна характеристика високопродуктивних рослин для енергетичного використання біомаси.
4. Високопродуктивні сировинні культури для закладання енергетичних плантацій.
5. Енергетична оцінка твердого біопалива з різної сировини.
6. Вихід біоетанолу з сировини високопродуктивних культур.
7. Порівняльна продуктивність традиційних та малопоширених культур за виходом біоетанолу.
8. Вміст основних жирних кислот в ярих олійних культурах та вихід олії з виробничих посівів.
9. Вихід енергії з олії.
10. Вміст сухої речовини в побічній продукції олійних культур та вихід енергії.

### **Рекомендована література:**

[1-4, 8-18]

## **Тема 4. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (12 год)**

### **Лекція 4. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (2 год).**

#### **Практичне заняття 4 (2 год)**

1. Біологічні основи інтродукції.
2. Морфологічні особливості окремих енергетичних культур.
3. Енергетичні культури для отримання дизельного біопалива.

#### **Завдання для самостійної роботи (8 год)**

*Рушійні сили та інструменти стимулювання вирощування енергетичних культур в ЄС.*

*Характеристики енергетичних культур по відношенню до умов вирощування.*

*Паливні характеристики енергетичних культур та інших біопалив.*

*Концепція вирощування енергетичних культур в Україні.*

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування щавнату.
2. Біохімічний склад різних форм щавнату у фазу розетки.
3. Біоморфологічні показники та продуктивність різних форм щавнату залежно від напрямку використання.

4. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування сіди багаторічної. Продуктивність різних форм сіди залежно від фази розвитку.
5. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування однорічних мальв.
6. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування живокосту.
7. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування сільфія пронизанолистого.
8. Особливості росту, розвитку та технологія вирощування козлятника східного.
9. Особливості вегетації та продуктивність соняшнику бульбистого (топінамбуру).
10. Особливості вегетації та технологія вирощування елевсінікоракана - *Eieusinecoracana* (L.).
11. Біоекологічні особливості та технологія вирощування сорго багаторічного.
12. Біоекологічні особливості та технологія вирощування сорго цукрового.

**Рекомендована література:**

[1-4, 6, 9-18]

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

*Новітні технології виробництва і використання біопалив*

### **ТЕМА 5. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА (11 год)**

#### **Лекція 5. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА (2 год).**

#### **Практичне заняття 5 (2 год)**

1. Особливості виробництва олії на енергетичні потреби.
2. Переробка олії в дизельне біопаливо.
3. Схема технології виробництва ефірів з олії.

#### **Завдання для самостійної роботи (7 год)**

*Характеристика компонентів для виробництва дизельного біопалива.*

*Економічна ефективність виробництва дизельного біопалива.*

*Особливості використання дизельного біопалива.*

*Інструкція по використанню дизельного біопалива на основі метилових та етилових естерів жирних кислот.*

*Економічна ефективність використання дизельного біопалива.*

#### **Контрольні запитання та завдання:**

1. Характеристика рідких біопалив та їх використання.
2. Властивості рослинної олії як біопалива.
3. Характеристика рослинних олій та тваринного жиру для виробництва ефірів.
4. Етапи повного технологічного процесу переробки насіння ріпаку в дизельне біопаливо.
5. Шляхи перероблення ріпакової макухи чи шротів.
6. Вимоги до ріпакової олії, етилового та метилового естеру.
7. Технології отримання дизельного біопалива.

8. Наведіть схему технології виробництва ефірів з олій.
9. Проблеми використання естерів ріпакової олії (RME) у вигляді палива для дизельних двигунів.

**Рекомендована література:**

[1-3,7, 18]

**ТЕМА 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ (11 год)**

**Лекція 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ (2 год)**

**Практичне заняття 6 (2 год)**

1. Дегідратація біоетанолу.
2. Перероблення відходів виробництва біоетанолу.
3. Використання відходів виробництва біоетанолу для отримання енергії.
4. Автомобільні палива з біоетанолом.

**Завдання для самостійної роботи(7 год)**

*Технології виробництва біоетанолу та біобутанолу.*

*Способи дегідратації біоетанолу.*

*Схема виділення біоетанолу з продуктів ферментації.*

*Технологічні етапи перетворення лігноцелюлози в етанол та бутанол.*

*Застосування біоетанолу як компонента автомобільних палив.*

**Контрольні запитання та завдання:**

1. Сировина для виробництва біоетанолу.
2. Характеристика дріжджів для промислової ферментації етанолу.
3. Схема дріжджогенерування і ферментації.
4. Способи розмноження дріжджів (дріжджогенерування).
5. Схема перероблювання лігноцелюлозної сировини з попереднім гідролізом його компонентів.
6. Біотехнології прямої ферментації лігноцелюлозної сировини.
7. Властивості бензину, бутанолу, метанолу та етанолу як палива для двигунів.
8. Основні технологічні прийоми, що дозволяють зменшити інгібування продуцента продуктами ферментації.
9. Характеристика технологій виділення летких паливних компонентів з ферментаційного середовища.
10. Принципові рішення для дегідратації паливних спиртів.
11. Характеристика промислових методів дегідратації етанолу.

**Рекомендована література:**

[1-3, 5-7, 18]

**ТЕМА 7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ БІОПАЛИВ (12 год)**

## **Лекція 7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ БІОПАЛИВ (2 год)**

### **Практичне заняття 7 (2 год)**

1. Характеристика обладнання, розробленого для брикетування та гранулювання біомаси у виробництві твердих видів біопалива.
2. Концепція впровадження обладнання для виробництва електроенергії з біомаси.

### **Завдання для самостійної роботи (8 год)**

*Характеристика теплогенератора для виробництва теплової енергії з біомаси.  
Особливості підготовки твердого біопалива до спалювання.  
Аналіз вартості різних видів твердого біопалива в Україні.*

### **Контрольні запитання та завдання:**

1. Використання відходів деревини та вирощування енергетичних лісів.
2. Порівняльна характеристика властивостей різних видів палива.
3. Технології виготовлення різних видів твердого біопалива з відходів деревини.
4. Характеристика гранульованого біопалива з біомаси.
5. Особливості формування паливних брикетів з біомаси.
6. Характеристика спеціалізованих установок для гранулювання й брикетування біомаси.
7. Основні технології термічної переробки твердого біопалива.
8. Принцип роботи газогенераторних (піролізних) котлів.
9. Характеристика обладнання, розробленого для брикетування та гранулювання біомаси при виробництві твердих видів біопалива.
10. Характеристика розроблених теплогенераторів та водогрійних котлів (піролізних та автоматичних) для роботи на твердих видах біопалива.
11. Технічні характеристики соломоспалюючих котлів.

### **Рекомендована література:**

[1-4, 5-7]

## **ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ (10 год)**

### **Лекція 8. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ (2 год).**

### **Завдання для самостійної роботи (8 год)**

1. Обладнання для виробництва біогазу
2. Скласти схему ліній виробництва біогазу.

### **Контрольні запитання та завдання:**

1. Етапи виробництва біогазу.

2. Структурна схема виробництва рослинницької продукції за «чистою» технологією.
3. Технічні характеристики обладнання для виробництва біогазу.
4. Категорії сировини для виробництва біогазу.
5. Характеристика обладнання подрібнення і подачі біомаси.
6. Умови ефективного перебігу метанової ферментації органічних речовин.
7. Умови ферментації зброджуваної речовини під час виробництва біогазу.
8. Технічні варіанти реалізації метаногенезу біомаси.
9. Перспективи розвитку будівництва біогазових установок.
10. Схема біогазової установки.

### Рекомендована література:

[1-3, 5-7, 18]

### Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 5-8.

Види контролю - поточний і підсумковий.

*Поточний контроль* здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, письмовий контроль, тестовий, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Обов'язковим для заліку є відпрацювання всіх практичних занять. У випадку відсутності студента, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

### Оцінювання за формами поточного контролю:

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – 30 балів	Max. – 50 балів	Min. – 30 балів	Max. – 50 балів
Усна відповідь	„6” x 4 = 24	„10” x 4 = 40	„6” x 4 = 24	„10” x 4 = 40
Доповнення	1	2	1	2
Виступ	2	2	2	2
„6” – мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати студент. <sup>1</sup> – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.				

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум 60 балів*, для здачі заліку обов'язкове проходження додаткового тестування.

*Підсумковий контроль* проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів усіх змістових модулів.

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Залік (підсумкова оцінка)
--	--------------------	--------------------	------------------------------

Мінімум	30	30	60
Максимум	50	50	100

**При цьому, кількість балів:**

- 1-34 відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- 35-39 відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- 40-60 відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- 61-69 відповідає оцінці «задовільно»;
- 70 - 80 відповідає оцінці «добре»;
- 81 - 89 відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- 90 - 100 відповідає оцінці «відмінно».

### Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень, % /Marks, (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECTS	Оцінка за національною шкалою (Nationalgrade)
90 – 100	<b>A</b>	<b>відмінно (Excellent)</b>
82 – 89	<b>B</b>	<b>добре (Good)</b>
74 – 81	<b>C</b>	
64 – 73	<b>D</b>	<b>задовільно (Satisfactory)</b>
60 – 63	<b>E</b>	
35 – 59	<b>FX</b>	<b>незадовільно (Fail)</b> з можливістю повторного складання
1 – 34	<b>F</b>	<b>незадовільно (Fail)</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного викладання матеріалу, дослідницькі.

### Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42; ноутбук.

### Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторія біотехнології біопалив та інновацій в зеленій енергетиці.

### Рекомендована література

*Основна*

1. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: монографія / Блюм Я.Б., Гелетуха 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.Гелетуха, 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. Біопалива: Технології, машини, обладнання / В.О.Дубровін, М.О.Корчемний, І.П.Масло та інші – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
4. Словник найуживаніших термінів з екології, біотехнології і біоенергетики / Мельничук М., Гайченко В., Григорюк І., Дубровін В., Чайка В.. – К.: НУБіП України, 2009. – 294 с.
5. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив / За ред. Дубровіна В.О., Анни Гжибек та Любарського В.М. – Kaunas: IAE LUA, 2009. – 120 с.
6. Циганков П.С., Циганков С.П. Виділення спирту із бражки та його очистка. Київ: Глобус, 2000.– 160 с.
7. Цыганков П.С., Цыганков С.П. Пособие по ректификации спирта. – М.: Пищепромиздат, 2002. – 460 с.
8. Цыганков С.П. Биоэтанол. – К.: FGL Energy, 2009.– 180 с.
9. Рахметов Д.Б., Кудренко И.К., Рахметова С.А. Щавнат – новая многолетняя культура. – К.: Нора-Друк, 2003. – 26 с.

*Додаткова:*

- 10.Рахметов Д.Б., Корабльова О.А., Стаднічук Н.О. та ін. Каталог завершених наукових розробок відділу нових культур. – К.: Нора-Друк, 2003. – 76 с.
- 11.Рахметов Д.Б., Стаднічук Н.О., Корабльова О.А. та ін. Нові кормові, пряносмакові та овочеві інтродуценти в Лісостепу і Поліссі України. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 163 с.
- 12.Рахметов Д.Б., Фещенко В.П. Інтродукція рослин та біоекоконверсія землеробства Полісся. – К.: Вид-во фірма «Друк», 2006. – 149 с.
- 13.Шпар Д., Рахметов Д.Б., Адам А. и др. Возобновляемое растительное сырье: производство и использование. В 2-х книгах. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2006. – Книга 1. – 416 с.; Книга 2. – 382 с.
- 14.Rachmetov D.B., Ust'ak S., Ust'aková M. Perennialspinach-sorrelhybrid – schavnatas a new perspective multipurpose crop /VIII ESA Congress. – Copenhagen. – 2004. – P.32-40.
- 15.Рахметов Д.Б. Генетичні ресурси фіто енергетичних інтродуцентів в Україні /Інтродукція рослин. – 2007. – № 2. – С. 3-10.
- 16.Баер Г.Я, Емець А.И., Стадничук Н.А., Блюм Я.Б., Рахметов Д.Б. Сомаклональная вариабельность как источник для создания новых сортов пальчатого проса (Eleusinecoracana (L.) Gaertn.) // Цитология и генетика, №4. – 2007. – С. 9-14.
- 17.BaerG.Ya., Yemets A.I., Stadnichuk N.A., YaB.Blume, Rakhmetov D.B. SomaclonalVariabilityAs a Source for Creation of New Varieties of Finger Millet (Eleusinecoracana (L.) Gaertn.) //Cytology and genetics, V.41, N. 4. AllertonPress. – 2007. – P. 204-208.

18. Гелету́ха Г.Г., Желе́зная Т.А., Жовми́р Н.М., Матвеев Ю.Б. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине // Промышленная теплотехника. – 2005. Т. 27, N 1.–С. 78-85.
19. Г.Гелету́ха, С. Кудря. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Україна // Зелена енергетика.– 2005. – №18–С. 8-10.