

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України

Ярослав БЛЮМ
наказ 22 від 29 травня 2024 р.



ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

БІОТЕХНОЛОГІЯ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: БІОПАЛИВА

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

спеціальність 091 «Біологія і біохімія»

Шифр за ОНП – ВК 2.5

Робоча програма навчальної дисципліни **«Біотехнологія зеленої енергетики: біопалива»** для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія».
29 травня 2024 року – 17 с.

Розробник:

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 № 7 від «29» травня 2024 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

Ярослав БЛЮМ

27 травня 2024

© Циганков С.П., 2024 рік
© _____ 202__ рік
© _____ 202__ 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 та біохімія».

Дана дисципліна є навчальною дисципліною за вибором аспіранта за *спеціальністю* 091 «Біологія та біохімія».

Викладається у 3 семестрі II курсу аспірантури **в обсязі – 120 год (4 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 20 год, практичні роботи - 20 год, самостійна робота – 80 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 у здобувачів мають бути сформовані:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК01.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК02.** Здатність працювати в міжнародному контексті.
- ЗК03.** Здатність розробляти та управляти проектами.
- ЗК04.** Здатність мотивувати людей та рухатися вперед.
- ЗК05.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК06.** Здатність працювати автономно та в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК01. Здатність аналізувати явища та процеси з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, адекватно застосовувати концептуальні та

методологічні знання в галузі біології (технологічні поняття, визначення, терміни в технології біопалива; сутність та доцільність застосування технологічних процесів у виробництві біопалива).

СК02. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, зокрема, і міждисциплінарних.

СК03. Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові ідеї.

СК04. Здатність ініціювати, планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які мають бути оприлюднені у наукових виданнях.

СК05. Здатність обирати методи та критерії оцінки досліджуваних феноменів та процесів в галузі біології відповідно до цілей та завдань наукового дослідження.

СК06. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК07. Здатність ініціювати, розробляти, реалізовувати комплексні інноваційні проекти (технологічні схеми виробництва дизельного біопалива та біоетанолу, їх апаратне оформлення; технічні вимоги та характеристики установок промислового типу для біопалива).

СК08. Здатність оприлюднювати результатів наукових досліджень в усній і письмовій формах відповідно до національних та міжнародних стандартів у академічній спільноті та суспільстві.

СК09. Здатність дотримуватись етичних принципів, академічної доброчесності та авторського права в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності (чинне законодавче забезпечення діяльності у сфері біоенергоконверсії).

СК10. Здатність сформулювати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір, навчатись упродовж життя.

СК11. Здатність використовувати закономірності та сучасні досягнення молекулярної генетики, клітинної біології, біотехнології у поєднанні з сучасним інструментарієм для дослідження біологічних систем та процесів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях (порівнювати альтернативні варіанти виробництва палива; вести наукові дискусії з питання біоенергетики як нової галузі народного господарства).

PH03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання (використовувати нормативно-технічну документацію на біосировину, проводити інформаційний пошук в науковій літературі та інших джерелах науково-технічної інформації).

PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

PH06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (шукати шляхи, прийоми, способи і засоби для отримання альтернативних палив біологічного походження).

PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

PH08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці (виявляти закономірності в технологіях біопалив з метою формування в них наукового світогляду, професійної діяльності).

PH11. Володіти знаннями про методи поліпшення функцій та потенціалу живих організмів, експериментальні методи роботи, можливості їхнього використання у виробничих процесах синтезу біологічно-активних речовин, антибіотиків, отримання генетично модифікованих та геномно редагованих організмів.

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

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

Дисципліна 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 є обов'язкові для здобувачів вищої освіти дисципліни «Методологія наукових досліджень», «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин», «Геномна інженерія та синтетична біологія», «Структурна та функціональна геноміка».

Вивчення дисципліни базується на знаннях цитології, гістології, генетики, біохімії.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Характеристика ресурсів для виробництва біопалива

Тема 1. Характеристика і розподіл біоресурсів територією України (14 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 (14 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 (14 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 (14 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 (14 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 (16 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 (20 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 (14 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
Змістовий модуль 1 <i>Характеристика ресурсів для виробництва біопалива</i>				
1	Тема 1. <i>Характеристика і розподіл біоресурсів територією України.</i>	2	2	10
2	Тема 2. <i>Фундаментальні аспекти інтродукції, селекції і біотехнології рослин для енергоконверсії.</i>	2	2	10
3	Тема 3. <i>Характеристика продуктивності енергетичних культур.</i>	2	2	10
4	Тема 4. <i>Біологічні особливості та технології вирощування енергетичних культур.</i>	2	2	10
Разом за змістовим модулем 1		8	8	40
Змістовий модуль 2 <i>Новітні технології виробництва і використання біопалив</i>				
5	Тема 5. <i>Основи виробництва дизельного біопалива.</i>	2	2	10
6	Тема 6. <i>Новітні технології у виробництві біоетанолу.</i>	4	2	10
7	Тема 7. <i>Обладнання для виробництва і використання твердих біопалив.</i>	4	6	10
8	Тема 8. <i>Технологічні лінії для заводів дизельного біопалива.</i>	2	2	10
Разом за змістовим модулем 2		12	12	40
ВСЬОГО		20	20	80

Загальний обсяг – 120 год (4 кредити ECTS), у тому числі:

Лекцій – 20 год.

Практичні заняття – 20 год.

Самостійна робота – 80 год.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Характеристика ресурсів для виробництва біопалива

ТЕМА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА І РОЗПОДІЛ БІОРЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ (14 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 (10 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]

ТЕМА 2. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ ІНТРОДУКЦІЇ, СЕЛЕКЦІЇ І БІОТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИН ДЛЯ ЕНЕРГОКОНВЕРСІЇ (14 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 (10 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, 6]

ТЕМА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (14 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 (10 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]

Тема 4. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР (14 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 (10 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]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Новітні технології виробництва і використання біопалив

ТЕМА 5. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА (1 4год)

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 (10 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]

ТЕМА 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ (16 год)**Лекція 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ (4 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 (10 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, 6]

ТЕМА 7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ БІОПАЛИВ (20 год)**Лекція 7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ТА РІДКИХ БІОПАЛИВ (4 год)**

Практичне заняття 7 (6 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 (10 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, 6]

ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ (14 год)**Лекція 8. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ (2 год)****Практичне заняття 8 (2 год)**

Знайомство з обладнанням для виробництва біогазу на підприємстві (за домовленістю)

Завдання для самостійної роботи (10 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, 6]

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 аспірантами 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 аспіранта, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

Оцінювання за формами поточного контролю:

Коефіцієнт 2,5

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – 12 балів	Max. – 20 балів	Min. – 12 балів	Max. – 20 балів
Усна відповідь	„3” x 4 = 12	„5” x 4 = 20	„3” x 4 = 12	„5” x 4 = 20
„3/5” – мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати аспірант.				

Для аспірантів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум 60 балів*, для складання 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 (National grade)	Залік
90 – 100	A	відмінно (Excellent)	зараховано
82 – 89	B	добре (Good)	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно (Satisfactory)	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно (Fail) з можливістю повторного складання	не зараховано
1 – 34	F	незадовільно (Fail) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Методи навчання

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

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42, 2, рік введення в експлуатацію – 2004; ноутбук, екран, Zoom/Google Meet — сервіси для дистанційного навчання та он-лайн консультацій.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторія біотехнології біопалив та інновацій в зеленій енергетиці, лабораторії та установки промислових підприємств (за домовленістю).

Рекомендована література

Основна:

1. Biofuels and Bioenergy. Editors: Baskar Gurunathan, Renganathan Sahadevan, Zainul Zakaria. Elsevier publ. 1st Edition - October 17, 2021. – 468 p.
2. Bioenergy and Biofuels. Editor: Ozcan Konur. CRC Press, 2018.- 525 p.

3. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: монографія / Блюм Я.Б., Гелетуша 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.
4. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія/Я.Б.Блюм, Г.Г.Гелетуша, 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.
5. Словник найуживаніших термінів з екології, біотехнології і біоенергетики / Мельничук М., Гайченко В., Григорюк І., Дубровін В., Чайка В.. – К.: НУБіП України, 2009. – 294 с.
6. Циганков П.С., Циганков С.П. Виділення спирту із бражки та його очистка. Київ: Глобус, 2000.– 160 с.

Додаткова:

1. Blume, R.Y., Yemets, A.I., Rakhmetov, D.B., Blume, Y.B. Somaclonal ckn-downregulated line of finger millet as a feedstock for sustainable bioethanol production. *European Biomass Conference and Exhibition Proceedings*, 2021, p. 81–84.
2. Kulichkova G.I., Ivanova T.S., Köttner M., Volodko O.I., Spivak S.I., Tsygankov S.P., Blume Ya.B. Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials. *The Open Agriculture Journal*. – 2020. – Vol. 14, p. 219-234.
3. Volodko O.I., Ivanova T.S., Kulichkova G.I., Lukashevych K.M., Blume Ya.B., Tsygankov S.P. Fermentation of *Sorghum saccharatum* syrup under reduced pressure for bioethanol production. *The Open Agriculture Journal*. – 2020. – Vol. 14, p. 235-245.
4. Rakhmetova S.O., Vergun O.M., Kulyk M.I., Blume R.Y., Bondarchuk O.P., Blume Ya.B., Rakhmetov D.B. Efficiency of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivation in Ukrainian Forest-Steppe zone and development of its new lines. *The Open Agriculture Journal*. – 2020. – Vol. 14, p. 273-289.
5. Blume R., Yemets A.I., Rakhmetov D.B., Blume Ya.B. Finger millet as a sustainable feedstock for bioethanol production. *The Open Agriculture Journal*. – 2020. – Vol. 14, p. 257-272.
6. Блюм Я.Б., Григорюк І.П., Дмитрук К.В., Дубровін А.В., Ємець А.І., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Сибірний А.А., Циганков С.П. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив: монографія. – Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. - 359 с.