

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та
інфраструктури

“ 29 ” 2025 р.

Василь БРИЧ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

“ 29 ” 2025 р.

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Навчально-наукового інституту
новітніх освітніх технологій

“ 29 ” 2025 р.

Святослав ПИТЕЛЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Біоенергетичні ресурси та технології»**
ступінь вищої освіти – **магістр**
галузь знань – **Е «Природничі науки, математика та статистика»**
спеціальність – **Е2 «Екологія»**
освітньо-професійна програма – **«Екологія та біоекономіка»**

кафедра екології та охорони здоров'я

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. (год.)	ІРС (год.)	Тренінг	Самост. робота студ. (год.)	Разом (год.)	Екз. (сем.)
Денна	I	II	32	14	5	6	93	150	II
Заочна	I	II	8	4	-	-	138	150	II

**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

Робочу програму склав: канд. екон. наук, доцент Бицюра Л. О.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри екології та охорони здоров'я,
протокол № 2 від 26.09.2025 р.

**Завідувач кафедри,
канд. екон. наук, доцент**



Леонід БИЦЮРА

**Гарант ОПП,
канд. екон. наук, доцент**



Леонід БИЦЮРА

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.

Опис дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології»

Дисципліна – Біоенергетичні ресурси та технології»	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань Е «Природничі науки, математика та статистика»	Статус дисципліни - обов'язкова Мова навчання українська
Кількість залікових модулів – 4	Спеціальність Е2 «Екологія»	Рік підготовки: <i>Денна</i> – II семестр: <i>Заочна</i> – II
Кількість змістових модулів – 3	Ступінь вищої освіти – магістр	Лекції: <i>Денна</i> – 32 год. <i>Заочна</i> – 8 год. Практичні заняття: <i>Денна</i> – 14 год. <i>Заочна</i> – 4 год.
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: <i>Денна</i> – 93 год. <i>Заочна</i> – 138 год. Індивідуальна робота – 5 год. Тренінг – 6 год.
Тижневих годин: <i>Денна</i> форма навчання семестр – 10 год., з них аудиторних – 3 год.		Вид підсумкового контролю – екзамен

2. Мета і завдання вивчення дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології»

2.1. Мета вивчення дисципліни

Мета навчальної дисципліни полягає у формуванні у магістрів комплексних знань та практичних навичок щодо сучасних біоенергетичних ресурсів, технологій їх переробки та використання, а також оцінки ефективності та екологічної безпеки біоенергетичних проєктів.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

- Ознайомити студентів з основними видами біоенергетичних ресурсів та їх потенціалом.
- Вивчити принципи та технології конверсії біомаси в різні види енергії (біопаливо, теплова, електрична).
- Набути навичок оцінки та вибору оптимальних біоенергетичних технологій для різних умов.
- Розвинути здатність до аналізу екологічних, економічних та соціальних переваг і ризиків біоенергетики.
- Сформувати розуміння державної політики та міжнародних тенденцій у сфері біоенергетики

У результаті вивчення дисципліни студенти мають знати:

- Класифікацію та характеристики різних видів біоенергетичних ресурсів.
- Принципи роботи основних технологій переробки біомаси (термохімічних, біохімічних, фізико-хімічних).
- Методи оцінки енергетичного потенціалу біомаси.
- Екологічні та економічні аспекти біоенергетичних проєктів.
- Нормативно-правові засади розвитку біоенергетики в Україні та світі.

вміти:

- Визначати придатність різних видів біомаси для енергетичного використання.
- Аналізувати та порівнювати біоенергетичні технології за їх ефективністю та впливом на довкілля.
- Проводити попередню оцінку потенціалу та доцільності впровадження біоенергетичних установок.
- Інтерпретувати дані щодо біоенергетичних показників.
- Формулювати пропозиції щодо впровадження біоенергетичних рішень.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни:

K02. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

K06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K11. Здатність до використання принципів, методів та організаційних процедур дослідницької та/або інноваційної діяльності.

K12. Здатність застосовувати нові підходи до аналізу та прогнозування складних явищ, критичного осмислення проблем у професійній діяльності.

K15. Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування, в умовах неповної інформації та суперечливих вимог.

K17. Здатність самостійно розробляти екологічні проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей.

Вивчення курсу «Біоенергетичні ресурси та технології» передбачає наявність систематичних та ґрунтовних екологічних знань, цілеспрямованої роботи над вивченням спеціальної літератури, активної роботи на лекціях та практичних заняттях, самостійної роботи та виконання індивідуальних завдань.

2.5. Результати навчання.

В результаті вивчення дисципліни досягаються такі програмні результати:

ПР02. Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності.

ПР03. Знати на рівні новітніх досягнень основні концепції природознавства, сталого розвитку і методології наукового пізнання.

ПР10. Демонструвати обізнаність щодо новітніх принципів та методів захисту навколишнього середовища.

ПР14. Застосовувати нові підходи для вироблення стратегії прийняття рішень у складних непередбачуваних умовах.

ПР18. Уміти використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації при проведенні інноваційної діяльності.

ПР19. Уміти самостійно планувати виконання інноваційного завдання та формулювати висновки за його результатами.

3. Програма навчальної дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології»

Змістовий модуль 1. Технології біоенергетики.

Тема 1. Вступ до біоенергетики. Концепції та значення.

Біоенергетика як складова відновлюваної енергетики. Історія розвитку біоенергетики. Роль біоенергетики у сталом розвитку, енергетичній безпеці та боротьбі зі зміною клімату. Основні терміни та визначення.

Тема 2. Біоенергетичні ресурси: класифікація та характеристика.

Біомаса як енергетична сировина. Види біоенергетичних ресурсів: Відходи сільського господарства (рослинництво, тваринництво). Відходи лісового господарства та деревообробки. Енергетичні культури (верба, міскантус, світчґрас тощо). Муніципальні тверді відходи. Відходи харчової промисловості. Водорості. Характеристики біомаси: вологість, зольність, теплота згоряння, елементний склад.

Тема 3. Технології перетворення біомаси в теплову та електричну енергію (термохімічні процеси).

Пряме спалювання (combustion): Принципи, обладнання (котли, печі), переваги та недоліки. Когенерація. Газифікація (gasification): Принципи, типи газифікаторів, отримання синтез-газу та його використання. Піроліз (pyrolysis): Принципи, продукти (біовугілля, рідке біопаливо, піролізний газ), умови проведення. Брикетування та гранулювання біомаси: Технології, переваги, сфери застосування.

Тема 4. Технології перетворення біомаси в біопаливо (біохімічні процеси).

Біометаногенез (анаеробне зброджування): Отримання біогазу з органічних відходів. Типи біогазових установок (ферментерів). Використання біогазу. Біоетанол: Технології отримання з цукрової, крохмальної та целюлозної сировини. Використання як моторного палива. Біодизель: Технології отримання з олійних культур. Трансестерифікація. Використання як моторного палива.

Тема 5. Інші технології перетворення біомаси та нові розробки.

Гідротермальні технології (гідротермальне зрідження, карбонізація). Виробництво водню з біомаси. Фотобіореактори для вирощування водоростей та отримання біопалива. Перспективні напрямки розвитку біоенергетичних технологій.

Змістовий модуль 2. Управління біоенергетичними проектами.

Тема 6. Екологічні аспекти біоенергетики.

Вплив на землекористування та біорізноманіття. Викиди в атмосферу (CO_2 , NO_x , SO_x , тверді частинки) та їх контроль. Утворення та утилізація відходів (зола, дигестат). Водний слід біоенергетики. Життєвий цикл біопалива: від виробництва до споживання.

Тема 7. Економічні та соціальні аспекти біоенергетики.

Економічна ефективність біоенергетичних проєктів. Вартість біоенергетичної сировини та кінцевої продукції. Державна підтримка та фінансові механізми (тарифи, дотації). Вплив на зайнятість та розвиток сільських територій. Соціальне прийняття та ризики.

Тема 8. Державна політика та міжнародні тенденції у сфері біоенергетики.

Міжнародні угоди та директиви ЄС. Директива про відновлювані джерела енергії. Світовий досвід впровадження біоенергетичних проєктів.

Тема 9. Національна політика у сфері біоенергетики.

Законодавча база України щодо відновлюваної енергетики. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Кластерні підходи в управлінні біоенергетикою. Біоенергетика в структурі енергозабезпечення міст та регіонів. Біоенергетика для громад.

Тема 10. Управління проектами біоенергетики.

Принципи проектування біоенергетичних об'єктів. Екологічні нормативні документи у галузі біоенергетики. Агробіоенергетика. Муніципальні проекти біоенергетики. ОВД проєктів.

4. Структура залікового кредиту дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології»
денна форма навчання

Теми	Кількість годин					Контрольні заходи
	Лекції	Практ.	ІРС	Тренінг	Самостійна робота	
Змістовий модуль 1. Технології біоенергетики						
Тема 1. Вступ до біоенергетики. Концепції та значення	4	1	2	2	9	Поточне опитування
Тема 2. Біоенергетичні ресурси: класифікація та характеристика	2	1			9	
Тема 3. Технології перетворення біомаси в теплову та електричну енергію (термохімічні процеси).	2	1			9	
Тема 4. Технології перетворення біомаси в біопаливо (біохімічні процеси).	2	1			9	
Тема 5. Інші технології перетворення біомаси та нові розробки.	4	1			9	
Змістовий модуль 2. Управління біоенергетичними проектами.						
Тема 6. Екологічні аспекти біоенергетики.	4	2	3	4	9	Поточне опитування
Тема 7. Економічні та соціальні аспекти біоенергетики.	4	2			10	
Тема 8. Державна політика та міжнародні тенденції у сфері біоенергетики.	4	2			9	
Тема 9. Національна політика у сфері біоенергетики.	4	2			10	
Тема 10. Управління проектами біоенергетики.	2	1			10	
Разом	32	14	5	6	93	Екзамен

заочна форма навчання

Теми	Кількість годин		
	Лекції	Практ.	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Технології біоенергетики			
Тема 1. Вступ до біоенергетики. Концепції та значення			13
Тема 2. Біоенергетичні ресурси: класифікація та характеристика			14
Тема 3. Технології перетворення біомаси в теплову та електричну енергію (термохімічні процеси).			13
Тема 4. Технології перетворення біомаси в біопаливо (біохімічні процеси).			14
Тема 5. Інші технології перетворення біомаси та нові розробки.			14
Змістовий модуль 2. Управління біоенергетичними проектами.			
Тема 6. Екологічні аспекти біоенергетики.	2	1	14
Тема 7. Економічні та соціальні аспекти біоенергетики.	2	1	14
Тема 8. Державна політика та міжнародні тенденції у сфері біоенергетики.			14
Тема 9. Національна політика у сфері біоенергетики.	2	1	14
Тема 10. Управління проектами біоенергетики.	2	1	14
Разом	8	4	138

5. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 1. Теоретичні та нормативні основи біоенергетики.

Практичне заняття 1.

Тема 1. Вступ до біоенергетики. Концепції та значення.

Тема 2. Біоенергетичні ресурси: класифікація та характеристика.

Мета: засвоїти основні категорії та поняття дисципліни.

Питання для обговорення:

1. Біоенергетика як складова відновлюваної енергетики.
2. Історія розвитку біоенергетики.
3. Роль біоенергетики у сталом розвитку, енергетичній безпеці та боротьбі зі зміною клімату.
4. Основні терміни та визначення.
5. Біомаса як енергетична сировина.
6. Види біоенергетичних ресурсів: Відходи сільського господарства (рослинництво, тваринництво).
7. Відходи лісового господарства та деревообробки.
8. Енергетичні культури (верба, міскантус, світчграс тощо).
9. Муніципальні тверді відходи.
10. Відходи харчової промисловості.
11. Водорості як енергетичний ресурс.
12. Характеристики біомаси: вологість, зольність, теплота згоряння, елементний склад.

Практичне заняття 2.

Тема 3. Технології перетворення біомаси в теплову та електричну енергію (термохімічні процеси).

Тема 4. Технології перетворення біомаси в біопаливо (біохімічні процеси).

Мета: знати і розуміти основні положення технологій перетворення біомаси на енергетичні ресурси.

Питання для обговорення:

1. Пряме спалювання (combustion): Принципи, обладнання (котли, печі), переваги та недоліки.
 2. Когенерація. Газифікація (gasification): Принципи, типи газифікаторів, отримання синтез-газу та його використання.
 3. Піроліз (pyrolysis): Принципи, продукти (біовугілля, рідке біопаливо, піролізний газ), умови проведення.
 4. Брикетування та гранулювання біомаси: Технології, переваги, сфери застосування.
 5. Біометаногенез (анаеробне зброджування): Отримання біогазу з органічних відходів.
 6. Типи біогазових установок (ферментерів).
 7. Використання біогазу.
 8. Біоетанол: Технології отримання з цукрової, крохмальної та целюлозної сировини.
 9. Використання як моторного палива.
 10. Біодизель: Технології отримання з олійних культур. Трансестерифікація.
- Використання як моторного палива.

Практичне заняття 3.

Тема 5. Інновації та перспективні напрямки досліджень технологій перетворення.

Мета: розуміти роль інновацій у сучасній енергетиці.

Питання для обговорення:

1. Гідротермальні технології (гідротермальне зрідження, карбонізація).
2. Виробництво водню з біомаси.
3. Фотобіореактори для вирощування водоростей та отримання біопалива.

4. Перспективні напрямки розвитку біоенергетичних технологій.
5. Екологічні інновації у сучасній ресурсоефективній економіці.
6. Розвиток концепції ресурсоефективного та чистого виробництва в умовах зеленої трансформації економіки.
7. Рушійні сили та бар'єри для поширення ресурсоефективного та чистого виробництва та еко-

Змістовий модуль 2. Управління біоенергетичними проектами.

Практичне заняття 4.

Тема 6. Екологічні аспекти біоенергетики.

Мета: знати про вплив технологій та функціонуючих об'єктів біоенергетики на навколишнє середовище.

Питання для обговорення:

1. Енергетичні інновації у сільському господарстві та виробництві.
2. Вплив на землекористування та біорізноманіття.
3. Викиди в атмосферу (CO_2 , NO_x , SO_x , тверді частинки) та їх контроль.
4. Утворення та утилізація відходів (зола, дигестат).
5. Водний слід біоенергетики.
6. Життєвий цикл біопалива: від виробництва до споживання.
7. Екологізація енергетики як основа «озеленення» економіки.

Практичне заняття 5.

Тема 7. Економічні та соціальні аспекти біоенергетики.

Мета: знати та усвідомлювати економічні та соціальні аспекти біоенергетики.

Питання для обговорення:

1. Економічна ефективність біоенергетичних проєктів.
2. Вартість біоенергетичної сировини та кінцевої продукції.
3. Державна підтримка та фінансові механізми (тарифи, дотації).
4. Вплив на зайнятість та розвиток сільських територій.
5. Соціальне прийняття та ризики.

Практичне заняття 6.

Тема 8. Державна політика та міжнародні тенденції у сфері біоенергетики.

Мета: вивчити основні положення іноземної практики урядової політики у сфері біоенергетики, приклади використання біоенергетичних технологій закордоном та, зокрема у країнах ЄС.

Питання для обговорення:

1. Глобальних контекст розвитку біоенергетики у світі.
2. Міжнародні угоди та директиви ЄС.
3. Директива про відновлювані джерела енергії.
4. Світовий досвід впровадження біоенергетичних проєктів.
5. Практика використання біоенергетичних технологій у країнах ЄС.

Практичне заняття 7.

Тема 9. Національна політика у сфері біоенергетики

Мета: ознайомитися із вимогами національного законодавства та практикою реалізації біоенергетичних проєктів на національному, регіональному та місцевому рівнях в Україні.

Питання для обговорення:

1. Законодавча база України щодо відновлюваної енергетики.
2. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні.
3. Кластерні підходи в управлінні біоенергетикою.
4. Біоенергетика в структурі енергозабезпечення міст та регіонів.
5. Біоенергетика для громад.

Практичне заняття 8.

Тема 10. Управління проектами біоенергетики.

Мета: ознайомитися із практикою проектування та реалізації біоенергетичних технологій, основними положеннями місцевої взаємодії.

Питання для обговорення:

1. Принципи проектування біоенергетичних об'єктів.
2. Екологічні нормативні документи у галузі біоенергетики.
3. Агробіоенергетика.
4. Муніципальні проекти біоенергетики.
5. ОВД проектів.

6. Самостійна робота

Самостійне завдання виконується і подається для оцінювання як наскрізний проект, який складається з двох частин, у вигляді реферату або презентації в редакторі PowerPoint

□ теоретичного, який прив'язаний змістовно до змістового модуля 1

«Загальні аспекти оцінки якості навколишнього середовища»

□ практичного, прив'язаного змістовно до змістового модуля 2 «Специфічні фактори оцінки якості навколишнього середовища».

Перший частина завдання з самостійної роботи включає підготовку завдання у формі реферату чи презентації за темами 1-3. Здобувачі вищої освіти мають ознайомитися з основними критеріями визначення забруднення довкілля; методи дослідження стану довкілля; оцінкою якості навколишнього середовища: взаємодія з державними установами в Україні.

Друга частина самостійного завдання передбачає постановку і розв'язання прикладного завдання за темами 4-10. Здобувачі вищої освіти мають ознайомитися методами моніторингу та оцінкою якості атмосферного повітря, ґрунтів та води в Україні та закордоном; здійснити біомоніторинг та біоіндикація стану атмосферного повітря, водних екосистем та ґрунтів дослідного об'єкта.

7. Тренінг з дисциплін

«Біоенергетичні ресурси та технології»

Тематика: Еколого-економічна оцінка природно-ресурсного потенціалу

1. Провести оцінку перспективи влаштування біоенергетичного установки на обраному підприємстві.

2. Провести оцінку перспективи влаштування біоенергетичного об'єкту на території обраної громади.

Питання для тренінгу:

1. Потенціал біомаси як енергетичного ресурсу в [конкретному регіоні України].

2. Технології виробництва біогазу з органічних відходів тваринництва: переваги та виклики.

3. Енергетичні культури в Україні: перспективи вирощування та використання (на прикладі верби, міскантусу, світчграсу).

4. Виробництво та застосування біоетанолу другого покоління (з целюлозної сировини).

5. Біодизель: сировинна база, технології виробництва та екологічний вплив.

6. Роль водоростей у виробництві біопалива: сучасний стан та майбутні розробки.

7. Екологічні переваги та ризики великомасштабного впровадження біоенергетики.

8. Біоенергетика та продовольча безпека: конкуренція за земельні ресурси.

9. Вплив біоенергетичних установок на якість ґрунтів та водних ресурсів.

10. Економічна ефективність малих та середніх біогазових установок для фермерських господарств.

11. Законодавча та нормативна база підтримки біоенергетики в Україні: аналіз та пропозиції.

12. Когенераційні установки на біомасі: принципи роботи, застосування та економіка.

13. Використання муніципальних твердих відходів для виробництва енергії: технології та виклики.

14. Переробка відходів лісового господарства та деревообробки на брикети/гранули: технології та ринки збуту.
15. Виробництво біометану та його використання для транспортних цілей.
16. Фінансові механізми та інвестиції в біоенергетичні проєкти в Україні.
17. Проблеми та перспективи використання біопалива в авіації та морському транспорті.
18. Технології виробництва та застосування біоводню.
19. Виробництво біоچارу (biochar) шляхом піролізу біомаси та його використання в сільському господарстві.
20. Біоенергетичні інновації та стартапи: огляд провідних розробок.

8. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі навчання дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- модульне тестування та опитування;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- оцінювання результатів опитування;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- контрольна робота;
- інші види індивідуальних та групових завдань;
- екзамен.

9. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Біоенергетичні ресурси та технології» визначається як середньозважена величина, в залежності від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Тренінги	Самостійна робота	Екзамен
Оцінка за поточне опитування визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття); Модульний контроль вводить за всіма темами наприкінці вивчення курсу в аудиторії або в системі дистанційного навчання Moodle.		Визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час тренінгу.	Оцінюється рівень виконання та засвоєння індивідуального самостійного завдання як цілісного наскрізного проєкту.	Структура екзаменаційного білета: ~ 10 тестів (по 2 бали кожне) ~ 2 теоретичні питання (по 25 балів кожне) ~ задача (30 балів)

Поточне опитування під час заняття:

90–100 балів – відповідь у повному обсязі, глибокі та системні знання, аргументація переконлива, використана наукова термінологія, наведені приклади, студент активний та ініціативний.

75–89 балів – відповідь в основному правильна, але з окремими неточностями чи неповною аргументацією; логіка викладу здебільшого збережена, приклади є, активність середня.

60–74 бали – відповідь частково правильна, знання фрагментарні, аргументи слабкі, прикладів мало або вони недоречні, структура відповіді недостатньо логічна, активність мінімальна.

40–59 балів – поверхневе знання теми, відповідь неповна, аргументація слабка або відсутня, приклади відсутні, мовлення хаотичне, активність низька.

1–39 балів – відсутність знань або неправильна відповідь, відсутні аргументи, приклади, студент не бере участі в роботі.

Модульна робота, екзаменаційний білет є формою контролю, при якій оцінка засвоєння

матеріалу студентом визначається від 0 до 100 балів, що є сумою балів за виконанні завдання. Вона складається з 10 тестів, 2 теоретичних питань та 1 задачі.

Тестова частина складається з 10 тестів, кожен з яких оцінюється по 2 бали. За тестову частину студенти отримують :

0 – невірна відповідь

2 бали – вірна відповідь

Теоретична частина складається з 2 теоретичних питань, які оцінюються по 25 балів.

Критерії оцінювання теоретичного питання (25 балів)

23–25 балів – відповідь повна, глибока та аргументована; розкрито всі аспекти питання; використано наукову термінологію; наведені приклади; виклад логічний і послідовний.

18–22 бали – відповідь правильна в основному, але є окремі неточності чи неповне розкриття питання; аргументація достатня; логіка здебільшого збережена.

12–17 балів – відповідь часткова; знання фрагментарні; аргументи слабкі; приклади відсутні або недоречні; структура викладу неповна.

6–11 балів – поверхнєве знання теми; відповідь неповна; аргументація слабка або відсутня; логіка викладу порушена.

1–5 балів – формальна відповідь; відсутність обґрунтування; грубі помилки у змісті.

Критерії оцінювання задачі (30 балів)

27–30 балів – задача виконана повністю й правильно; всі розрахунки точні; хід розв'язання обґрунтований; наведені пояснення та висновки; використана наукова термінологія.

21–26 балів – задача розв'язана в основному правильно; є незначні помилки у розрахунках чи поясненнях, які не впливають на кінцевий результат; обґрунтування загалом логічне.

15–20 балів – часткове виконання; правильні лише окремі етапи розв'язання; кінцевий результат відсутній або з помилками; обґрунтування слабке.

6–14 балів – спроба виконання задачі; допущені суттєві помилки у розрахунках чи логіці; відповідь неповна та неаргументована.

1–5 балів – відповідь формальна; рішення відсутнє або повністю неправильне.

Тренінг:

90–100 балів – відповідь у повному обсязі, глибокі та системні знання, аргументація переконлива, використана наукова термінологія, наведені приклади, студент активний та ініціативний.

75–89 балів – відповідь в основному правильна, але з окремими неточностями чи неповною аргументацією; логіка викладу здебільшого збережена, приклади є, активність середня.

60–74 бали – відповідь частково правильна, знання фрагментарні, аргументи слабкі, прикладів мало або вони недоречні, структура відповіді недостатньо логічна, активність мінімальна.

40–59 балів – поверхнєве знання теми, відповідь неповна, аргументація слабка або відсутня, приклади відсутні, мовлення хаотичне, активність низька.

1–39 балів – відсутність знань або неправильна відповідь, відсутні аргументи, приклади, студент не бере участі в роботі.

Самостійна робота з кожної теми за робочою навчальною програмою оцінюється в 100 балів з використанням стандартизованих узагальнених критеріїв оцінювання знань.

- 90-100 балів - це коли робота виконана в повному обсязі і допускаються незначні помилки, студент володіє вільно знаннями з опрацьованої тематики, розуміє методи і підходи дослідження, які були застосовані під час виконання самостійного завдання. Здобувач добре орієнтується в предметній термінології, чітко формулює відповіді на поставлені запитання.

- 75-89 балів - студент допускає несуттєві помилки, які виправляє, відповідаючи на додаткові запитання, теоретичні і практичні блоки самостійного завдання виконані належним чином з окремими дискусійними положеннями чи недостатньо обґрунтованими пропозиціями.

- 65-74 балів - якщо обсяг виконаного самостійного завдання становить від до 74% від передбаченого. Студент відповідає не менш ніж на 64% запитань, але відповіді недостатньо точні, додатковими питаннями коригуються слабо. Не в повному обсязі виконано теоретичну і практичну частину самостійної роботи.

- 60-64 бали - студент слабо опрацював і засвоїв тематику самостійного завдання, погано

орієнтується в методах дослідження, оперує неточними формулюваннями і слабо володіє практичними навичками.

- 35-59 - незадовільно з можливістю повторного складання.
- 1-34 - незадовільно з обов'язковим повторним курсом.

Шкала оцінювання:

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добро)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

10. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1	Електронний варіант лекцій	1–10
2	Тестові завдання (електронний варіант)	1–10
3	Контрольні роботи (у т. ч. електронний варіант)	1–10

Рекомендовані джерела інформації

1. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / Ін-т технічної теплофізики НАН України; за ред. Г. Гелетути. – Київ: Академперіодика, 2022. – 373 с.
2. Біогазові установки. Практичний посібник. / Барбара Едер, Хайнц Шульц. – 1996 р.
3. Посібник «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». – К.: Асоціація «УКРТЕПЛОКОМЕНЕРГО», 2015. – URL: <https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2020/08/rea-handbook-biomass-to-heatin-ukraine-2015.pdf>.
4. Посібник «Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси». – Асоціація «УКРБІОЕНЕРГО», 2020. – URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/kompleksnii_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf.
5. Енергія з соломи. Технології, стратегії та інновації у Данії. Друге видання. – АгроБіоТепло (AgroBioHeat), 2021. – URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2021/02/Straw-to-Energy_AgroBioHeat_Ukrainian.pdf.
6. Практичний посібник для представників агропромислового комплексу з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. – Асоціація «УКРБІОЕНЕРГО», 2018. – URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf>.
7. Посібник «Енергія з решток кукурудзи». – Асоціація «УКРБІОЕНЕРГО».
8. Anaerobic reactors / Carlos Augusto de Lemos Chernicharo. – Federal University of Minas Gerais, Brazil. – URL: <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2020/09/volume-4.pdf>.
9. Biogas Drying and Purification Methods / Fiona Mwacharo, Suraj Bhandari, et al. – Centria University of Applied Sciences, 2020. – URL: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7173-55-8>.
10. Biogas upgrading – Review of commercial technologies / Bauer, F., Hulteberg, C., Persson, T., & Tamm, D. – SGC Rapport; Vol. 270. Svenskt Gastekniskt Center AB, 2013. – URL: <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC270.pdf>.
11. The anaerobic process / Irini Angelidaki, Lars Ellegaard, Anders Hay Sørensen and Jens Ejbye Schmidt. – 2002.
12. Перспективи виробництва біометану в Україні – Аналітична записка UABIO № 29 / Гелетути Г., Кучерук П., Матвєєв Ю. – Вересень 2022 р. – URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf>.

13. Десять кроків України для відмови від російського – Аналітична записка UABIO № 28 / Гелетука Г., Желізна Т., Драгнев С., Гайдай О. – Квітень 2022 р. – URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/04/10-krokov-Ukrayiny-dlya-vidmovy-vid-PG_UKR.pdf.
14. Дорожня карта розвитку біоенергетики України до 2050 року – Аналітична записка UABIO № 26. – 2020 р. – URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/PP-UABIO-26_UA_26-11-2020.pdf.
15. Аналітична записка UABIO № 24 «Енергетичне використання агровідходів, що варто знати про організаційні і технічні рішення». – 2020 р. – URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/09/Analityka_UABIO_-energetychnye-vykorystannya_agrovidhodiv.pdf.
16. Аналітична записка UABIO № 20 «Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні». – 2018 р. – URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf>.
17. Аналітична записка UABIO № 16 «Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні». – 2020 р. – URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-16-ua.pdf>.
18. Market state and trends in renewables and low-carbon gases in Europe. A Gas for Climate report. – Gas for Climate Consortium, December 2021. – URL: <https://gasforclimate2050.eu/publications/>.
19. Gas Decarbonization Pathways 2020-2050. – Gas for Climate Consortium, April 2020.
20. EBA Statistical Report 2023. – European Biogas Association (EBA). – URL: <https://www.europeanbiogas.eu/>.
21. EBA Statistical Report 2022. – European Biogas Association (EBA).
22. Biogas barometers 2010-2020. – Eurobserv'ER. – URL: <https://www.eurobserv-er.org/>.
23. Biogas to Biomethane. – Fachverband Biogas e.V., September 2017. – URL: www.biogas-to-biomethane.com.
24. Process monitoring in biogas plants -Technical Brochure / Bernhard Drogg. – IEA Bioenergy, 2013. – URL: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/12/Technical-Brochure-process_monitoring.pdf.
25. Pretreatment of feedstock for enhanced biogas production / Lucy F. R. MONTGOMERY, Günther BOCHMANN. – IEA Bioenergy.
26. Digestate as fertilizer -Technical Brochure / Fachverband Biogas e. V. – 2018. – URL: [https://www.google.com/search?q=https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/BJHCPA-DE-Digestate-as-Fertilizer/\\$file/Digestate_as_Fertilizer.pdf](https://www.google.com/search?q=https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/BJHCPA-DE-Digestate-as-Fertilizer/$file/Digestate_as_Fertilizer.pdf).
27. Використання дигестату з біогазових установок як біодобрива / Клер Т. ЛЮКХЕРСТ, Пітер ФРОСТ, Теодорита Аль Сеаді. – IEA Bioenergy, 2010. – URL: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2010/06/Digestate_Brochure_Revised_12-2010.pdf.
28. Управління якістю дигестату з біогазових установок, що використовуються як добриво / Teodorita AL SEADI, Клер LUKEHURST. – IEA Bioenergy, 2012. – URL: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2012/05/digestate_quality_web_new.pdf.
29. Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plant concepts – EvEmBi. – ERA-NET Bioenergy, DBFZ, Thematic Online Seminar, October 2022. – URL: https://eranetbioenergy.net/wp-content/uploads/2022/01/ERA-NET_Bioenergy_18012022_Highlights_EvEmBi_Wechselbe.
30. Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions / JRC. – 2017. – URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104759>.
31. Biogas Handbook. – Energypedia. – URL: https://energypedia.info/wiki/File:Biogas_Handbook.pdf.
32. BIOGAS an introduction / FNR. – 2013. – URL: <https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/brosch.biogas-2013-en-web-pdf.pdf>.
33. Guide to Biogas From production to use / FNR. – URL: <https://mediathek.fnr.de/guide-to-biogas-from-production-to-use.html>.
34. VALUE OF BATCH TESTS FOR BIOGAS POTENTIAL ANALYSIS Method comparison and challenges of substrate and efficiency evaluation of biogas plants. – IEA Bioenergy Task 37. – URL: https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/Batch_tests_web_END.pdf.
35. Technologies for Biogas Upgrading to Biomethane: A Review / Adnan, & Ong, & Nomanbhay, & Kit Wayne, Chew & Show, Pau-Loke. – Bioengineering, 2019. – DOI: 10.3390/bioengineering6040092.

36. Emerging Technologies and Biological Systems for Biogas Upgrading / Aryal, Nabin & Ottosen, Lars & Kofoed, Michael & Pant, Deepak. – 2021. – DOI: 10.1016/C2019-0-01200-9.
37. Economic assessment of producing and selling biomethane into a regional market / Rosa, M. D. – Energy & Environment, 2018. – DOI: 10.1177/0958305X18762581.
38. Biogas upgrading. Evaluation of methods for removal / Laura Bailon Allegue, Jørgen Hinge. – Danish Technological Institute.
39. Biogas to Biomethane Technology Review / Aile, Nantes. – Vienna Univ. Technology (Austria), 2012.
40. European Commission Press Release IP_22_1511. – 2022. – URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511.
41. Biomethane Map 2022-2023. – European Biogas Association (EBA) and Gas Infrastructure Europe (GIE). – URL: <https://www.europeanbiogas.eu/biomethane-map-2022-2023>.
42. Design, build, and monitor biogas and biomethane plants to slash methane emissions. – European Biogas Association (EBA), 2023. – URL: <https://www.europeanbiogas.eu/design-build-and-monitor-biogas-and-biomethane-plants-to-slash-methane-emissions/>.
43. Beyond energy – monetising biomethane's whole-system benefits. – European Biogas Association (EBA). – URL: <https://www.europeanbiogas.eu/beyond-energy-monetising-biomethanes-whole-system-benefits/>.
44. Biogenic from the biogas industry. Report. – European Biogas Association (EBA), 2022.
45. Biomethaverse Project Official Site. – URL: <https://www.biomethaverse.eu>.
46. Next Generation Biogas Upgrading Using High Selective Gas Separation Membranes. - Showcasing the Poundbury Project / Lems, R., Langerak, J., Dirkse E.H.M. – DMT Environmental Technology, 2013.