

03-06-193S

| | | |
|---|---|--|
| СИЛАБУС | Мейджор: Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність | |
| SYLLABUS | Major: Zero-emission technologies and climate neutrality | |
| Шифр за ОП <i>Code in Degree Programme</i> | МД09 | |
| Освітній рівень <i>Level of Education</i> | Перший (бакалаврський) <i>First (bachelor's)</i> | |
| Галузь знань <i>Field of Knowledge</i> | G | Інженерія, виробництво та будівництво <i>Engineering, production and construction</i> |
| | | |
| Спеціальність <i>Field of Study</i> | G21 | Біотехнології та біоінженерія <i>Biotechnology and Bioengineering</i> |
| | | |
| Освітня програма <i>Degree Programme</i> | Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика <i>Biotechnology, biorobotics and bioenergy</i> | |

Силабус навчальної дисципліни «Мейджор: Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». Рівне. НУВГП. 2026. 17 с.

ОП на сайті університету: <https://ep3.nuwm.edu.ua/36092/>

Розробник силабусу: Грицина Олександр Олександрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи

Силабус схвалений на засіданні кафедри
Протокол №9 від “11” березня 2026 року

Завідувач кафедри: Мартинов Сергій Юрійович, доктор технічних наук, професор.

Керівник (гарант) ОП: Бедункова Ольга Олександрівна, доктор біологічних наук, професор, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ
Протокол №7 від “17” березня 2026 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ: Макаренко Руслан Миколайович, кандидат технічних наук, професор.

© Грицина О.О., 2026
© НУВГП, 2026

| ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ <i>навчальної дисципліни «Мейджор: Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність»</i> | |
|---|---|
| Ступінь вищої освіти | Бакалавр |
| Освітня програма | Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика (ID 81756) |
| Спеціальність | G21 Біотехнології та біоінженерія |
| Рік навчання, семестр | 3 рік, 5 семестр |
| Кількість кредитів | 4,5 кредитів ЄКТС |
| Лекції: | 24 годин |
| Практичні заняття: | 22 годин |
| Самостійна робота: | 89 годин |
| Форма навчання | денна |
| Форма підсумкового контролю | залік |
| Мова викладання | державна |
| ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКА | |
|  | Грицина Олександр Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи |
| Вікіситет | Грицина Олександр Олексійович |
| ORCID | https://orcid.org/0000-0002-6390-7959 |
| Як комунікувати | <u>email: o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua</u> Актуальні оголошення в системі MOODLE |
| ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ | |
| Мета та завдання | |
| <p>Мета дисципліни. Забезпечити студентів системними теоретичними знаннями та практичними навичками з оцінки викидів, проєктування і впровадження технологічних рішень для досягнення нульового балансу викидів і кліматичної нейтральності в біотехнологічних виробництвах, з урахуванням екологічних, економічних і нормативних аспектів.</p> <p>Завдання дисципліни:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Формування фундаментальних знань з кліматичної тематики. Надати розуміння природи парникових газів, механізмів їхнього впливу на клімат, концепцій net-zero і кліматичної нейтральності, а також міжнародних і національних стандартів звітності. 2. Оволодіння методиками обліку та оцінки викидів. Навчити методам інвентаризації викидів (Score 1-3), проведенню спрощеного і розширеного LCA, оцінці невизначеності та верифікації результатів. | |

3. Розвиток навичок енергетичного й матеріального балансування.

Забезпечити вміння складати енергетичні та матеріальні баланси біопроектів, виконувати розрахунки чутливості й інтерпретувати їх для прийняття технічних рішень.

4. Формування навичок цифрового обліку та моделювання.

Ознайомити з програмними інструментами для LCA, обліку викидів і візуалізації даних; навчити автоматизованому збору й обробці даних для звітності.

5. Розвиток комунікаційних, етичних і нормативних компетенцій.

Сформувати вміння підготовки прозорих звітів, адаптації результатів для різних аудиторій, аналізу нормативної документації та дотримання принципів академічної й професійної доброчесності.

6. Сприяння міждисциплінарній і командній роботі.

Розвивати здатність працювати в міждисциплінарних командах над інтегрованими проєктами, розподіляти ролі, вести переговори зі стейкхолдерами і захищати техніко-економічні рішення.

Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=8338>

Передумови вивчення

(місце освітнього компоненту в структурно-логічній схемі)

Дисципліна «Мейджор: Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність» є вибірковою. За своїм змістом дисципліна «Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність» базується на досвіді і знаннях студентів, здобутих при засвоєнні дисциплін циклів загальної та фахової підготовки: «Екологія», «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв», «Загальна біотехнологія», «Біоінженерія».

Компетентності

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю у біотехнології та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології та біоінженерії.

К01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К07. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

К12. Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології.

К25. Здатність застосовувати положення основних теорій і концепцій в галузі технологічної біоенергетики та основні принципи регуляції метаболізму мікроорганізмів для розробки процесів біоконверсії органічних відходів у біопаливо і біоутилізації компонентів промислових відходів.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПР01. Вміти застосовувати сучасні математичні методи для розв'язання практичних задач, пов'язаних з дослідженням і проектуванням біотехнологічних процесів. Використовувати знання фізики для аналізу біотехнологічних процесів.

ПР13. Вміти здійснювати техніко-економічне обґрунтування виробництва біотехнологічних продуктів різного призначення (визначення потреби у цільовому продукті і розрахунок потужності виробництва).

ПР22. Вміти враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні аспекти, вимоги охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки під час формування технічних рішень. Вміти використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ПР24. Вміти застосовувати інформаційні та комунікаційні технології для

інформаційного забезпечення професійної діяльності та проведення досліджень прикладного характеру, проводити пошук та обробку науково-технічної інформації з різних джерел та застосовувати її для вирішення конкретних технічних і технологічних завдань, мати навички розробляти алгоритми та комп'ютерні програми.

ПР 26. Вміти застосовувати біотехнологічні знання щодо зменшення забруднення навколишнього середовища шкідливими сполуками та речовинами, орієнтуватися в основних біотехнологічних концепціях і теоріях, пов'язаних з очищенням природних та стічних вод, робити розрахунки матеріальних балансів, складати апаратно-технологічні схеми очищення природних і стічних вод.

Структура та зміст освітнього компонента

Освітня компонента: Модуль 1. Технології нульового балансу викидів та кліматична нейтральність.

Змістовний модуль 1. Концепції та методи оцінки викидів у біотехнологічних системах

Тема 1. Парникові гази, вуглецевий слід і поняття net-zero.

- *Короткий опис:* Огляд основних парникових газів, механізмів їхнього впливу на клімат, визначення вуглецевого сліду та концепції «нульового балансу викидів» (net-zero); роль біотехнологічних виробництв у декарбонізації.
- *Компетентності та ПР:* ІК, К01, К07; ПР24, ПР26.

Тема 2. Інвентаризація викидів: стандарти та категорії Scope 1–3.

- *Короткий опис:* Структура інвентаризації викидів за GHG Protocol і національними підходами; класифікація джерел (Scope 1–3), збір первинних даних, типові помилки та джерела невизначеності.
- *Компетентності та ПР:* К12, К01; ПР24, ПР13.

Тема 3. Оцінка життєвого циклу (LCA) для біопродуктів.

- *Короткий опис:* Методологія LCA: визначення меж системи, інвентаризація потоків, оцінка впливів, інтерпретація результатів для біотехнологічних ланцюгів постачання.
- *Компетентності та ПР:* ІК, К01; ПР24, ПР26.

Тема 4. Енергетичні та матеріальні баланси в біопроесах.

- *Короткий опис:* Розрахунок енергетичних і матеріальних балансів, перетворення одиниць, похибки вимірювань; застосування математичних методів для аналізу ефективності процесів.
- *Компетентності та ПР:* К01; ПР01, ПР13.

Тема 5. Цифрові інструменти для обліку викидів і моделювання LCA.

- *Короткий опис:* Огляд програмного забезпечення для LCA та обліку викидів, робота з базами даних емісій, автоматизація збору й обробки даних, підготовка звітів.
- *Компетентності та ПР:* К01, К12; ПР24, ПР13.

Тема 6. Аналіз невизначеності, верифікація та представлення результатів оцінки викидів.

- *Короткий опис:* Оцінка невизначеності даних і результатів, процедури верифікації звітів, підготовка прозорих звітів для стейкхолдерів; етичні аспекти комунікації екологічних показників.
- *Компетентності та ПР:* ІК, К12, К07; ПР22, ПР24.

Змістовний модуль 2. Технології та практики досягнення нульового балансу викидів

Тема 7. Оптимізація технологічних процесів для зниження викидів.

- *Короткий опис:* Методи підвищення енергоефективності, мінімізації втрат сировини та оптимізації режимів роботи апаратів у біовиробництві; приклади технічних заходів.

- Компетентності та ПР: K01, K25; ПР01, ПР26.
Тема 8. Біоенергетичні рішення: біогаз, біомаса, біопалива.
- Короткий опис: Технології виробництва й використання біогазу та біопалива, інтеграція відходів у енергетичні цикли, оцінка впливу на викиди та життєвий цикл.
- Компетентності та ПР: K25, K07; ПР26, ПР13.
Тема 9. Циркулярна економіка та управління відходами у біосекторі.
- Короткий опис: Стратегії зменшення, повторного використання й переробки відходів; біотехнологічні методи утилізації відходів і перетворення їх у ресурси.
- Компетентності та ПР: K07, K25; ПР26, ПР22.
Тема 10. Уловлювання, використання та секвестрація вуглецю (CCUS) у біотехнологіях.
- Короткий опис: Огляд технологій CCUS, придатних для біосектору; технічні, екологічні та нормативні аспекти впровадження; оцінка ризиків і життєвого циклу.
- Компетентності та ПР: ІК, K01, K12; ПР24, ПР13.
Тема 11. Техніко-економічне обґрунтування заходів декарбонізації.
- Короткий опис: Розрахунок капітальних і експлуатаційних витрат, аналіз окупності та чутливості, вибір пріоритетних заходів для досягнення net-zero з урахуванням ризиків і нормативних вимог.
- Компетентності та ПР: ПР13, ІК; ПР01, ПР24.
Тема 12. Проектна робота: план досягнення нульового балансу для умовного біотехнологічного підприємства.
- Короткий опис: Груповий проєкт із застосуванням інвентаризації викидів, LCA, енергетичних балансів і техніко-економічного обґрунтування; підготовка письмового звіту та захисту.
- Компетентності та ПР: ІК, K01, K12, K07, K25; ПР13, ПР24, ПР26, ПР22.

Розподіл змістовних модулів і тем за годинами.

| Тема | Лекції | Практичні заняття | Самостійна робота | Разом |
|--|--------|-------------------|-------------------|-------|
| Змістовний модуль 1. | | | | |
| Тема 1. Парникові гази, вуглецевий слід і поняття net-zero | 2 | - | 7 | 9 |
| Тема 2. Інвентаризація викидів: стандарти та категорії Scope 1–3 | 2 | 2 | 8 | 12 |
| Тема 3. Оцінка життєвого циклу (LCA) для біопродуктів | 2 | 2 | 8 | 12 |
| Тема 4. Енергетичні та матеріальні баланси в біопроцесах | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 5. Цифрові інструменти для обліку викидів і моделювання LCA | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 6. Аналіз невизначеності, верифікація та представлення результатів оцінки викидів | 2 | 2 | 8 | 12 |
| Разом змістовний модуль 1 | 12 | 10 | 45 | 67 |
| Змістовний модуль 2. | | | | |
| Тема 7. Оптимізація технологічних процесів для зниження викидів | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 8. Біоенергетичні рішення: | 2 | 2 | 8 | 12 |

| | | | | |
|---|----|----|----|-----|
| біогаз, біомаса, біопалива | | | | |
| Тема 9. Циркулярна економіка та управління відходами у біосекторі | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 10. Уловлювання, використання та секвестрація вуглецю (CCUS) у біотехнологіях | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 11. Техніко-економічне обґрунтування заходів декарбонізації | 2 | 2 | 7 | 11 |
| Тема 12. Проектна робота: план досягнення нульового балансу для умовного біотехнологічного підприємства | 2 | 2 | 8 | 12 |
| Разом змістовний модуль 2 | 12 | 12 | 44 | 68 |
| Разом освітня компонента | 24 | 22 | 89 | 135 |

Теми практичних занять.

| № з/п | Тема заняття та опис | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1. | Тема №2. Інвентаризація викидів: стандарти та категорії Score 1–3. Опис заняття: Робота з шаблонами інвентаризації за GHG Protocol; збір і класифікація даних (Score 1–3) для обраного кейсу; підготовка фрагмента інвентарного звіту. | 2 |
| 2. | Тема №3. Оцінка життєвого циклу (LCA) для біопродуктів. Опис заняття: Проведення спрощеного LCA для обраного біопродукту з використанням готових баз даних; інтерпретація результатів і виявлення «гарячих точок» (hotspots) впливу. | 2 |
| 3. | Тема №4. Енергетичні та матеріальні баланси в біопроесах. Опис заняття: Розрахунок матеріального і енергетичного балансу для одного циклу виробництва; аналіз чутливості результатів до змін ключових параметрів процесу. | 2 |
| 4. | Тема №5. Цифрові інструменти для обліку викидів і моделювання LCA. Опис заняття: Практична робота з ПЗ для LCA/обліку викидів (імпорт даних, налаштування сценаріїв, візуалізація результатів); створення простого дашборда показників. | 2 |
| 5. | Тема №6. Аналіз невизначеності, верифікація та представлення результатів оцінки викидів. Опис заняття: Оцінка впливу невизначеності вхідних даних на підсумкові показники; підготовка верифікаційного пакета; створення презентації для різних типів аудиторій. | 2 |
| 6. | Тема №7. Оптимізація технологічних процесів для зниження викидів. Опис заняття: Ідентифікація неефективних ділянок у технологічній схемі; розробка технічних заходів (модернізація апаратів, зміна режимів) і розрахунок потенційного зниження викидів. | 2 |
| 7. | Тема №8. Біоенергетичні рішення: біогаз, біомаса, біопалива. Опис заняття: Моделювання виробництва біогазу з відходів підприємства; розрахунок енергетичного балансу і впливу на | 2 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| | <i>викиди CO₂-екв.; оцінка інтеграції в енергосистему підприємства.</i> | |
| 8. | <i>Тема №9. Циркулярна економіка та управління відходами у біосекторі. Опис заняття: Розробка маршруту поводження з відходами (зменшення, повторне використання, переробка); застосування біотехнологічних методів утилізації; оцінка впливу на викиди й витрати.</i> | 2 |
| 9. | <i>Тема №10. Уловлювання, використання та секвестрація вуглецю (CCUS) у біотехнологіях. Опис заняття: Огляд практичних схем CCUS для біосектору; розрахунок потенціалу уловлювання для конкретного джерела; аналіз ризиків і нормативних вимог.</i> | 2 |
| 10. | <i>Тема №11. Техніко-економічне обґрунтування заходів декарбонізації. Опис заняття: Підготовка простого ТEO для одного заходу (CAPEX, OPEX, NPV, період окупності); аналіз чутливості та ризиків; формування рекомендацій.</i> | 2 |
| 11. | <i>Тема №12. Проектна робота: план досягнення нульового балансу для умовного біотехнологічного підприємства. Опис заняття: Групова інтеграційна сесія: збір даних, інвентаризація викидів, LCA, вибір заходів, розрахунок економіки та підготовка фінального захисту.</i> | 2 |
| <i>Разом освітня компонента</i> | | 22 |

Теми завдань для самостійної роботи.

| <i>№ з/п</i> | <i>Тема самостійної роботи та опис</i> | <i>Кількість годин</i> |
|--------------|--|------------------------|
| 1. | <i>Тема №1. Парникові гази, вуглецевий слід і поняття net-zero. Опис завдання: Зібрати дані про основні джерела парникових газів у вибраному технологічному циклі (наприклад: ферментація, сушіння, утилізація відходів); розрахувати простий вуглецевий слід для цього циклу (у тоннах CO₂-екв.); оформити звіт обсягом 2–3 сторінки з таблицею джерел і короткими рекомендаціями щодо зниження викидів.</i> | 7 |
| 2. | <i>Тема №2. Інвентаризація викидів: стандарти та категорії Score 1–3. Опис завдання: Заповнити шаблон інвентаризації викидів для умовного підприємства, класифікуючи джерела за Score 1–3; вказати джерела даних і припущення; підготувати пояснення методики збору даних (1–2 стор.).</i> | 7 |
| 3. | <i>Тема №3. Оцінка життєвого циклу (LCA) для біопродуктів. Опис завдання: Провести спрощений LCA для одного біопродукту (від вирощування сировини до виходу з виробництва), використовуючи доступні коефіцієнти емісій; побудувати діаграму внесків за етапами; оформити висновки (2 стор.) із визначенням «гарячих точок» (hotspots).</i> | 8 |
| 4. | <i>Тема №4. Енергетичні та матеріальні баланси в біопроцесах. Опис завдання: Скласти матеріальний і енергетичний баланс для одного циклу виробництва (вхідні потоки, вихідні продукти, втрати); виконати аналіз чутливості для двох</i> | 8 |

| | | |
|-----|--|---|
| | альтернативних ситуацій; підготувати розрахунки й короткий звіт (2–3 стор.). | |
| 5. | Тема №5. Цифрові інструменти для обліку викидів і моделювання LCA. Опис завдання: Ознайомитися з одним із доступних інструментів або шаблонів для LCA (наприклад, openLCA або спеціалізовані Excel-моделі); ввести тестові дані, виконати базовий аналіз і зберегти результати; підготувати інструкцію користувача (1–2 стор.) з ключовими кроками. | 7 |
| 6. | Тема №6. Аналіз невизначеності, верифікація та представлення результатів оцінки викидів. Опис завдання: Провести аналіз впливу невизначеності на один показник вуглецевого сліду; підготувати верифікаційний чек-лист і коротку презентацію (5 слайдів) для керівництва з поясненням припущень та обмежень. | 8 |
| 7. | Тема №7. Оптимізація технологічних процесів для зниження викидів. Опис завдання: Ідентифікувати три потенційні технічні заходи для зниження викидів у вибраному процесі; оцінити їхній вплив у відсотках; оформити таблицю з оцінкою CAPEX / OPEX та фінальною рекомендацією (1–2 стор.). | 7 |
| 8. | Тема №8. Біоенергетичні рішення: біогаз, біомаса, біопалива. Опис завдання: Розробити схему інтеграції біогазової установки для переробки відходів підприємства; розрахувати орієнтовний енергетичний вихід і потенційне зниження викидів; підготувати техніко-економічну замітку (2–3 стор.). | 8 |
| 9. | Тема №9. Циркулярна економіка та управління відходами у біосекторі. Опис завдання: Скласти карту потоків відходів для умовного виробництва; запропонувати три шляхи їхнього перетворення на ресурс (рециклінг, біоконверсія, енергетичне використання); оцінити вплив на викиди й витрати; оформити звіт (2 стор.). | 7 |
| 10. | Тема №10. Уловлювання, використання та секвестрація вуглецю (CCUS) у біотехнологіях. Опис завдання: Оцінити придатність одного методу CCUS для конкретного джерела викидів (наприклад: біореактор, димові гази); скласти короткий аналіз переваг, обмежень і нормативних аспектів; підготувати меморандум (1–2 стор.). | 7 |
| 11. | Тема №11. Техніко-економічне обґрунтування заходів декарбонізації. Опис завдання: Підготувати просте ТEO для одного заходу (CAPEX, OPEX, NPV або період окупності) з базовими припущеннями; виконати аналіз чутливості за двома сценаріями; оформити таблицю фінансових показників і висновок (2–3 стор.). | 7 |
| 12. | Тема №12. Проектна робота: план досягнення нульового балансу для умовного біотехнологічного підприємства. Опис завдання: У групі підготувати інтегрований план (інвентаризація викидів, LCA-висновки, перелік заходів, техніко-економічне обґрунтування); оформити письмовий звіт (8–10 стор.) і презентацію (8–10 слайдів) для захисту. | 8 |

Форми та методи навчання**Форми навчання:**

• **Лекції (24 год.).** Подання теоретичного й методологічного матеріалу з використанням мультимедійних презентацій, схем і прикладів вітчизняної та міжнародної практики; інтеграція коротких кейс-завдань і запитань для обговорення з метою зв'язку теорії з практикою та формування критичного мислення.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР01, ПР24; ІК, К01.

• **Практичні заняття та воркшопи (22 год.).** Інтерактивні сесії: розв'язання кейсів, моделювання енергетичних і матеріальних балансів, робота з ПЗ для LCA, рольові імітації верифікації звітів; робота в малих міждисциплінарних групах із формативним фідбеком.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР24, ПР26, ПР01; К01, К25.

• **Самостійна робота (89 год.).** Систематичне опрацювання літератури, підготовка аналітичних оглядів, розрахунків матеріальних балансів, техніко-економічних заміток і частин проєктного звіту; робота з базами даних емісій і шаблонами інвентаризації.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР13, ПР24, ПР26; К01, К12.

• **Консультації (індивідуальні та групові).** Регулярні зустрічі для розбору проміжних результатів проєктів, методичних питань і перевірки розрахунків; можливість менторської підтримки від запрошених експертів галузі.

• **Екскурсії та запрошені лекції практиків.** Відвідування підприємств або онлайн-зустрічі з фахівцями для ознайомлення з реальними практиками декарбонізації та нормативними вимогами.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР13, ПР26; К07, К12.

Методи навчання і викладання

• **Проєктно-орієнтоване навчання (PjBL).** Командна розробка інтегрованого проєкту (інвентаризація викидів, LCA, техніко-економічне обґрунтування). Проміжні контрольні точки з формативним фідбеком і розподілом ролей у команді.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР13, ПР24, ПР26; ІК, К01, К25.

• **Проблемно-орієнтоване навчання (PBL).** Робота над реальними або змодельованими проблемами (наприклад, зниження викидів у конкретному процесі), що стимулює застосування математичних методів, моделювання й аналізу ризиків.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР01, ПР13; ІК, К01.

• **Кейс-метод.** Аналіз реальних кейсів впровадження декарбонізаційних рішень, обговорення нормативних і етичних аспектів, групова дискусія та захист рішень.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР22, ПР26; К12, К07.

• **Перевернута аудиторія (Flipped classroom).** Студенти опрацьовують лекційні матеріали самостійно перед заняттям; аудиторний час присвячено практиці, дискусіям і роботі над проєктами.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР24, ПР01; К01.

• **Активні методи: дебати, рольові імітації, peer-review.** Дебати щодо вибору технологій, рольові імітації переговорів зі стейкхолдерами, взаємне рецензування проєктів для розвитку навичок аргументації та етичної відповідальності.

○ Зв'язок з ПРН/компетентностями: ПР22, ПР13; ІК, К12.

Інструменти, обладнання, програмне забезпечення

Комп'ютерний клас (667 ауд.), ПК: ASUS U500MA AMD Ryzen 3- 5300G в кількості 15 шт., Проєктор: EPSON H390B - 1 шт. (2011 р.) ПЗ: MS Office або

LibreOffice, Google Docs, Google Tables, Google Slides, інші спеціалізовані програми.

Порядок оцінювання програмних результатів навчання/результатів навчання

Форма підсумкового контролю – залік. Освітня компонента оцінюється за національною та 100 бальною шкалою. Здобувачі вищої освіти: отримують від викладача та/або силабус інформацію про порядок здійснення семестрового поточного та підсумкового контролю на початку вивчення освітньої компоненти; семестровий поточний контроль передбачає перевірку практичних робіт та самостійної роботи студентів, результатів тестування модульних контрольів на університетській платформі MOODLE.

Контрольні завдання для семестрового підсумкового контролю складаються у кількості, достатній для досягнення максимальної об'єктивності оцінки рівня підготовленості здобувача вищої освіти, що проходить контроль, але не менше 100 завдань на 1 кредит.

Розподіл балів:

| Тема | Лекції | Практичні заняття | Самостійна робота | Разом |
|---|--------|-------------------|-------------------|-------|
| Змістовний модуль 1. | | | | |
| Тема 1. Парникові гази, вуглецевий слід і поняття net-zero | - | - | 0-1 | 0-1 |
| Тема 2. Інвентаризація викидів: стандарти та категорії Score 1–3 | - | 0-5 | 0-1 | 0-6 |
| Тема 3. Оцінка життєвого циклу (LCA) для біопродуктів | - | 0-5 | 0-1 | 0-6 |
| Тема 4. Енергетичні та матеріальні баланси в біопроесах | - | 0-5 | 0-1 | 0-6 |
| Тема 5. Цифрові інструменти для обліку викидів і моделювання LCA | - | 0-5 | 0-1 | 0-6 |
| Тема 6. Аналіз невизначеності, верифікація та представлення результатів оцінки викидів | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Разом змістовний модуль 1 | - | 0-24 | 0-6 | 0-30 |
| Модульний контроль 1 | 0-20 | | | |
| Змістовний модуль 2. | | | | |
| Тема 7. Оптимізація технологічних процесів для зниження викидів | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Тема 8. Біоенергетичні рішення: біогаз, біомаса, біопалива | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Тема 9. Циркулярна економіка та управління відходами у біосекторі | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Тема 10. Уловлювання, використання та секвестрація вуглецю (CCUS) у біотехнологіях | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Тема 11. Техніко-економічне обґрунтування заходів декарбонізації | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Тема 12. Проектна робота: план досягнення нульового балансу для умовного біотехнологічного підприємства | - | 0-4 | 0-1 | 0-5 |
| Разом змістовний модуль 2 | - | 0-24 | 0-6 | 0-30 |
| Разом змістовні модулі 1, 2 | 0-48 | | | |
| | | | 0-12 | 0-60 |

| | |
|------------------------------|-------|
| Модульний контроль 2 | 0-20 |
| Разом модульний контроль 1,2 | 0-40 |
| Разом освітня компонента | 0-100 |

Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання практичного заняття, становить 4–5 балів. Оцінювання здійснюється за такими критеріями:

90–100% балів — вільне володіння теоретичним матеріалом за темою, правильне та своєчасне виконання практичного завдання, зразкове оформлення звіту та своєчасний захист роботи.

70–89% балів — достатнє володіння теоретичним матеріалом, правильне виконання практичного завдання, акуратне оформлення звіту та своєчасний захист роботи.

33–69% балів — задовільний рівень володіння теоретичним матеріалом, виконання практичного завдання та оформлення звіту з певними зауваженнями; своєчасний або з незначним запізненням захист роботи.

0–32% балів — низький рівень володіння теоретичним матеріалом, неповне виконання практичного завдання або оформлення звіту з суттєвими помилками, захист роботи на рівні до 50% або несвоєчасне подання матеріалів.

У заліковій відомості результати навчання проставляються за двома шкалами: 100-бальною та національною.

Шкала оцінювання змістових модульних контролів:

- Змістовий модуль №1 — 20 балів;
- Змістовий модуль №2 — 20 балів. Усього за змістові модулі — 40 балів.

Структура оцінки поточного контролю та підсумкового контролю знань (залік) здійснюється за трьома рівнями складності, що відображено в таблицях:

1. Рівень 1 — достатній рівень складності;
2. Рівень 2 — рівень складності вище достатнього;
3. Рівень 3 — високий рівень складності.

Таблиця формування тестового завдання поточного контролю знань (змістовні модулі 1 і 2).

| Рівень складності завдань | Загальна кількість завдань | Оцінка завдань, балів | | Час на виконання, хвилин | |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------|--------------------------|-----------|
| | | за одне | загальна | на одне | загальний |
| Достатнього рівня складності | 12 | 1 | 0-12 | 1,5 | 18 |
| Вище достатнього рівня складності | 5 | 1 | 0-5 | 2,5 | 12 |
| Високого рівня складності | 3 | 1 | 0-3 | 3,5 | 10 |
| | 20 | X | 0-20 | X | до 40 |

Загальні вимоги до контрольних завдань семестрового підсумкового контролю у формі заліку.

| Рівень складності завдань | Загальна кількість завдань | Оцінка завдань, балів | | Час на виконання, хвилин | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------|--------------------------|-----------|
| | | за одне | загальна | на одне | загальний |
| Достатнього рівня складності | 30 | 0,9 | 0-27 | 1,5 | 45 |
| Вище достатнього | 9 | 1 | 0-9 | 3 | 27 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----|---|------|---|--------------|
| <i>рівня складності</i> | | | | | |
| <i>Високого рівня складності</i> | 1 | 4 | 0-4 | 8 | 8 |
| | 40 | X | 0-40 | X | до 80 хвилин |

В заліковій відомості результати навчання проставляються за двома шкалами - 100-бальною та національною.

Шкала оцінювання

| | |
|--|-------------------------------|
| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою |
| 60-100 | зараховано |
| 0-59 | не зараховано |

Умови отримання додаткових балів:

- участь у науковій університетській конференції (підготовка доповіді за темами освітньої компоненти) до 7 балів;
- участь у Всеукраїнській науковій конференції (підготовка доповіді за темами освітньої компоненти) до 12 балів;
- підготовка наукової публікації за темою освітньої компоненти – до 15 балів.
- підготовка наукової роботи на конкурс наукових робіт за темою освітньої компоненти – до 15 балів.

Рекомендована література (основна, допоміжна)

Основна:

1. Гейтс Білл. Як відвернути кліматичну катастрофу. Де ми зараз і що нам робити далі. Київ: Лабораторія, 2021. 224 с.
2. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / ред. С. П. Іванюта. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
3. Жигуц Ю. Ю., Лазар В. Ф. Інженерна екологія: навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Київ: Кондор, 2018. 168 с.
4. Сафранов Т. А., Губанова О. Р., Лукашов Д. В. Еколого-економічні основи природокористування: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2018. 349 с.
5. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка: "Економіка ковбоїв" VS "Економіка космічного корабля". Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка THEU», 2019. 337 с.
6. Зелені технології у промисловості: монографія / І. А. Василенко та ін. Дніпро: Акцент ПП, 2019. 366 с.
7. Вільє А. Адаптація до змін клімату в сільському господарстві України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ecoclubua.com/2015/07/adaptatsiyado-zmin-klimatu-v-s-h>

Допоміжна:

8. Delbeke, Jos. Delivering a Climate Neutral Europe. Edited by Jos Delbeke, 1 edition., Routledge, 2024, <https://doi.org/10.4324/9781003493730>.
9. Tran, Ngoc Thanh Thuy, et al. CIRCULAR ECONOMY AND SUSTAINABLE ENERGY MATERIALS a Net-Zero Emmisions Approach. CRC PRESS, 2024, <https://doi.org/10.1201/9781003463009>.
10. Managing Environmental and Energy Transitions for Regions and Cities. 1st ed., OECD Publishing, 2020.
11. Siskos, Pelopidas, and Panagiotis Fragkos. Energy Systems Analysis and Modelling towards Decarbonisation. MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute,

2022, <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-3886-0> .

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> (<http://www.nuwm.edu.ua/MySQL/>).
2. Цифровий репозиторій НУВГП / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ep3.nuwm.edu.ua>.
3. YouTube Канал освітньої програми «Біотехнології» [YouTube Channel Biotech NUWEE](#).
4. ResearchGate: [ResearchGate](#) - Соціальна мережа для вчених і дослідників, де можна знайти наукові статті.
5. Google Scholar: [Google Scholar](#) - Пошукова система для наукової літератури.
6. Національний центр атмосферних досліджень <http://gisclimatechange.ucar.edu/>
7. Український гідрометеорологічний інститут <https://uhmi.org.ua/>
8. Програма геоінформаційних систем <https://gis.ucar.edu/>
9. Секретаріат Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу www.unfccc.int
10. Всесвітня метеорологічна організація www.wmo.ch Міжурядова група експертів з питань змін клімату www.ipcc.ch

ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Перелік ключових соціальних навичок (Soft Skills), які формує дисципліна:

- Критичне мислення — вміння аналізувати аргументи, оцінювати релевантність джерел, виявляти припущення та обмеження у методиках LCA, інвентаризації викидів і техніко-економічних розрахунках.
- Командна робота — ефективна координація в малих міждисциплінарних групах під час виконання проєктів: розподіл ролей, узгодження рішень та колективна відповідальність за спільний результат.
- Навички ведення переговорів і аргументації — підготовка обґрунтованих аргументів, управління конфліктами інтересів, досягнення взаємовигідних домовленостей зі стейкхолдерами щодо впровадження декарбонізаційних заходів.
- Навички критичного оцінювання ризиків і прийняття рішень — системний підхід до ідентифікації технічних, екологічних та економічних ризиків; здатність обрати оптимальні рішення за умов високої невизначеності.
- Публічні виступи та візуалізація даних — підготовка переконливих пітчів, інфографік і дашбордів для донесення ключових показників та рекомендацій до нефахової аудиторії.

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП». Посилання на відповідний документ: <https://ep3.nuwm.edu.ua/30369/>.

Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <https://ep3.nuwm.edu.ua/36427/>.

Оголошення стосовно термінів здачі частин освітньої компоненти публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

Неформальна та інформальна освіта

Неформальна освіта

- Вебінари та онлайн-курси (сертифікати) — участь у тематичних

вебінарах від університетів, галузевих асоціацій і компаній; проходження модулів з LCA, обліку викидів, біоенергетики на платформах (короткі курси з сертифікацією). Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР01, ПР13.

- Конференції та професійні семінари — участь у наукових і галузевих конференціях, секціях з декарбонізації, панельних дискусіях; можливість представити постер або доповідь. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР13, ПР22.

- Майстер-класи та практичні воркшопи від індустрії — інтенсивні сесії з використання ПЗ для LCA, налаштування енергетичних балансів, впровадження біоенергетичних рішень; практичні кейси від підприємств. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР26, ПР01.

- Хакатони та конкурси інновацій — командні інтенсиви з розробки рішень для зниження викидів, створення прототипів і бізнес-моделей; пітчі перед інвесторами. Зв'язок з ПРН: ПР13, ПР24, ПР26.

- Відвідування підприємств і екскурсії — ознайомлення з реальними технологіями, обладнанням і практиками управління відходами; збір даних для навчальних кейсів. Зв'язок з ПРН: ПР26, ПР24, ПР22.

Інформальна освіта:

- Самоосвіта: книги, монографії, статті — систематичне читання фахової літератури з екології, LCA, біоенергетики; оформлення коротких оглядів. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР01.

- Онлайн-ресурси та блоги експертів — підписка на тематичні блоги, технічні нотатки компаній, огляди політик і стандартів; регулярний моніторинг новин. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР22.

- Професійні спільноти та форуми — участь у дискусіях на LinkedIn, ResearchGate, тематичних Telegram/Slack-групах; обмін практичними порадами і шаблонами. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР13.

- Відеолекції та освітні канали — перегляд лекцій, демонстрацій ПЗ, кейс-розборів на YouTube і освітніх платформах; створення власних коротких відео-рефлексій. Зв'язок з ПРН: ПР24, ПР01.

- Подкасти і тематичні інтерв'ю — прослуховування інтерв'ю з практиками, регуляторами та науковцями для розуміння трендів і практичних бар'єрів. Зв'язок з ПРН: ПР22, ПР13.

Правила академічної доброчесності

Академічна доброчесність є фундаментальною складовою освітнього процесу та професійної діяльності в галузі біотехнологій та біоінженерії. Дотримання етичних норм та принципів академічної доброчесності забезпечує якісну освіту, формує високі моральні стандарти та сприяє розвитку компетентностей, необхідних для успішної професійної діяльності.

1. Перевірка навчальних завдань на плагіат.

- Унікальність роботи: Усі письмові роботи повинні бути оригінальними та виконаними особисто здобувачем освіти.

- Правильне цитування: При використанні чужих ідей, даних або цитат необхідно обов'язково робити відповідні бібліографічні посилання згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015.

- Самоплагіат: Повторне використання власних робіт без належного посилання також вважається порушенням академічної доброчесності.

2. Поведінка в аудиторії та недопущення списування та обману.

Поведінка під час лекцій та практичних занять:

- Активна участь: Студенти заохочуються до активної участі в обговореннях, задавання питань та внесення власних ідей.

- Поважне ставлення: Необхідно дотримуватися етичних норм спілкування, поважати думки викладача та колег.

- Заборона використання заборонених засобів: Під час занять

забороняється використання мобільних телефонів, планшетів та інших пристроїв без дозволу викладача.

Недопущення списування та обману:

- Індивідуальне виконання завдань: Усі контрольні роботи, тести та екзамени повинні виконуватися самостійно.
- Заборона використання допоміжних матеріалів: Під час контрольних заходів забороняється використання шпаргалок, підручників, електронних пристроїв (якщо це не передбачено викладачем).
- Недопущення передачі інформації: Забороняється спілкування з іншими здобувачами освіти під час контрольних заходів з метою отримання або передачі інформації.

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись академічної доброчесності, основи якої викладено в наступних документах: 1. Стаття 42. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> . 2. Стаття 1. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> . 3. Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті водного господарства та природокористування. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/28552/> та решти локальних документів НУВГП, що стосуються правил дотримання академічної доброчесності: <https://nuwm.edu.ua/nuwm/yakist-osvity/akademichnadobrochesnist/>.

Вимоги до відвідування

1. Вимоги до відвідування занять

- **Обов'язковість відвідування:** Відвідування лекцій та практичних занять є критично важливим для якісного засвоєння матеріалу та формування заявлених компетентностей. Студентам наполегливо рекомендується брати активну участь у всіх формах аудиторної роботи.
- **Пунктуальність:** Студенти мають приходити на заняття вчасно. Систематичні запізнення заважають навчальному процесу та розцінюються як вияв неповаги до колег і викладача.

2. Порядок відпрацювання пропущених занять

Якщо заняття було пропущено, порядок його відпрацювання залежить від причини:

- **Об'єктивні поважні причини:**
 - **Медичні причини:** У разі хвороби студент надає офіційну медичну довідку.
 - **Академічна мобільність:** При участі у програмах мобільності графік відпрацювання узгоджується з викладачем заздалегідь.
 - **Інші обставини:** Сімейні обставини або участь в офіційних заходах мають бути підтвержені відповідними документами.
- **Методика відпрацювання:**
 - **Лекції:** Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу за наданими ресурсами. За потреби — консультація з викладачем.
 - **Практичні заняття:** Виконуються за індивідуальним графіком. Студент отримує окреме завдання, що відповідає тематиці пропущеного заняття.

3. Порядок отримання та виконання індивідуальних завдань

- **Звернення до викладача:** Для отримання завдання студент має звернутися до викладача особисто (на занятті чи консультації) або через офіційну електронну пошту.
- **Дедлайни:** Терміни виконання встановлюються викладачем. Пам'ятайте: несвоєчасне подання робіт без поважної причини призводить до зниження підсумкового бала.
- **Форма звітності:** Завдання здаються у визначеному форматі (письмово

або в електронному вигляді). Викладач залишає за собою право провести додаткову співбесіду або попросити про презентацію результатів.

4. Додаткові положення

- *Консультації:* Викладач проводить регулярні консультації. Графік та контакти (електронна пошта, месенджери, освітня платформа) повідомляються на першому занятті.
- *Самостійна робота:* Оскільки самостійна робота складає значну частину курсу (89 годин), студент несе повну відповідальність за розподіл свого часу та якість опрацювання матеріалу поза аудиторією.

Автор

Олександр ГРИЦИНА

Доцент

Затверджено

в.о. Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи

Валерій СОРОКА

документ підписаний КЕП
Номер документа СИЛ №560
Підписувач Сорока Валерій Степанович
Сертифікат 3FAA9288358EC00304000009B6C3700C8C2C100