

03-06-196S

<b>СИЛАБУС</b>	<b>Мейджор: Проєктування біогазових та біометанових комплексів</b>	
<b>SYLLABUS</b>	<b>Major: Design of biogas and biomethane complexes</b>	
<i>Шифр за ОП</i> <i>Code in Degree Programme</i>	МД13	
<i>Освітній рівень</i> <i>Level of Education</i>	Перший (бакалаврський) <i>First (bachelor's)</i>	
<i>Галузь знань</i> <i>Field of Knowledge</i>	<b>G</b>	Інженерія, виробництво та будівництво <i>Engineering, production and construction</i>
<i>Спеціальність</i> <i>Field of Study</i>	<b>G21</b>	Біотехнології та біоінженерія <i>Biotechnology and Bioengineering</i>
<i>Освітня програма</i>	Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика <i>Biotechnology, biorobotics and bioenergy</i>	
<i>Degree Programme</i>		

Силабус навчальної дисципліни «Мейджор: Проєктування біогазових та біометанових комплексів» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». Рівне. НУВГП. 2026. 16 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: Бєдункова 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

<b>ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ</b> <i>навчальної дисципліни «Мейджор: Проектування біогазових та біометанових комплексів»</i>	
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Освітня програма	Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика (ID 81756)
Спеціальність	G21 Біотехнології та біоінженерія
Рік навчання, семестр	4 рік 7 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
<b>ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКА</b>	
	Грицина Олександр Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи
Вікіситет	<a href="#">Грицина Олександр Олексійович</a>
ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6390-7959">https://orcid.org/0000-0002-6390-7959</a>
Як комунікувати	email: <a href="mailto:o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua">o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua</a> Актуальні оголошення в системі MOODLE
<b>ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ</b>	
<b>Мета та завдання</b>	
<p><b>Мета дисципліни.</b> Підготувати бакалаврів, здатних самостійно <b>проектувати, оцінювати та впроваджувати</b> малого та середнього масштабу біогазові й біометанові комплекси з урахуванням технологічних, енергетичних, економічних, екологічних і безпекових вимог; сформувати інженерно-проектні компетенції для інтеграції біоенергетичних рішень у локальні енергетичні та агропромислові системи.</p> <p><b>Завдання дисципліни:</b></p> <p><b>1. Формування інженерно-проектних навичок</b> Навчити складати технологічні та апаратурні схеми, виконувати матеріальні та енергетичні баланси, підбирати обладнання і готувати технічні специфікації.</p> <p><b>2. Опанування методів моделювання і розрахунку</b> Забезпечити вміння застосовувати математичні моделі кінетики анаеробного зброджування, чисельні методи для розрахунків HRT, гідродинаміки</p>	

та тепломасообміну.

**3. Розвиток навичок оцінки ефективності та оптимізації**

Навчити розраховувати критерії ефективності процесу, проводити аналіз чутливості ключових параметрів і пропонувати заходи з оптимізації.

**4. Інтеграція автоматизації та моніторингу**

Забезпечити практичні навички проектування систем АСУ ТП, вибору сенсорів і розробки базових алгоритмів регулювання для підтримки стабільних режимів реактора.

**5. Оцінка екологічних і безпекових аспектів**

Навчити проводити екологічну оцінку проекту, ідентифікувати ризики біобезпеки та розробляти стратегії контролю й аварійного реагування.

**6. Формування проєктно-економічних компетенцій**

Надати навички підготовки скороченого ТЕО: розрахунок CAPEX/OPEX, проведення базового фінансового аналізу, оцінка термінів окупності та інвестиційних ризиків.

**7. Розвиток «м'яких» навичок і професійної етики**

Сприяти розвитку навичок командної роботи, технічної комунікації, критичного мислення та дотримання принципів академічної доброчесності в контексті реалізації біоенергетичних проєктів.

**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: Проектування біогазових та біометанових комплексів» є вибірковою. За своїм змістом вона базується на знаннях і вміннях, здобутих при засвоєнні таких дисциплін: Загальна мікробіологія та вірусологія, Біохімія, Процеси та апарати біотехнологічних виробництв, Біоенергетика та біоробототехніка.

**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.

К17. Здатність використовувати методології проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

К19. Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

К20. Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

К23. Здатність використовувати сучасні автоматизовані системи управління виробництвом біотехнологічних продуктів різного призначення, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань.

**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.

ПР15. Базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основні конструкторські особливості, вміти обирати відповідне устаткування у процесі проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення для забезпечення їх

максимальної ефективності.

ПР17. Вміти скласти матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок виробництва.

ПР19. Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратурної схеми біотехнологічних виробництв.

ПР20. Вміти розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).

### **Структура та зміст освітнього компонента**

Освітня компонента: Модуль 1. Проектування біогазових та біометанових комплексів

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи анаеробної біоконверсії та проектування реакторів.

Тема 1. Біологічні основи анаеробного зброджування.

Мікробні консорціуми анаеробного зброджування: метаногенез, гідроліз, кислотогенез, ацетогенез; фактори, що впливають на активність мікроорганізмів; кінетика процесів та моделі росту.

Компетентності та програмні результати: ІК; К17; ПР01; ПР20.

Тема 2. Сировина для біогазових комплексів та її характеристика.

Типи субстратів (органічні відходи, сільськогосподарські рештки, стічні води), їхні фізико-хімічні та біохімічні характеристики; попередня підготовка та оцінка потенціалу метаногенезу (ВМР-тести).

Компетентності та програмні результати: К19; К17; ПР17; ПР20.

Тема 3. Кінетика та математичне моделювання процесів у біореакторах.

Математичні моделі росту та перетворення субстрату, рівняння масообміну, моделі стаціонарних і нестаціонарних режимів; чисельні методи для розв'язання інженерних задач.

Компетентності та програмні результати: ІК; К23; ПР01; ПР19.

Тема 4. Типи реакторів та конструктивні рішення для анаеробних установок.

Огляд типів реакторів (одно- та багатоканальні, UASB, CSTR, анаеробні фільтри), конструктивні особливості, переваги та обмеження для різних сировинних потоків.

Компетентності та програмні результати: К15; К20; ПР15; ПР19.

Тема 5. Тепло- та масообмін, змішування і гідродинаміка в реакторах.

Закономірності теплообміну, масопереносу та гідродинаміки в біореакторах; розрахунок систем змішування, аерації (де потрібно), видалення тепла; вплив гідродинаміки на продуктивність.

Компетентності та програмні результати: ІК; К20; ПР01; ПР15.

Тема 6. Біогаз: склад, утилізація та підготовка до метанізації.

Хімічний склад біогазу, домішки ( $H_2S$ ,  $CO_2$ , волога), методи очищення і підвищення вмісту метану (вуглецеве відділення, адсорбція, мембрани, водневе збагачення), стандарти якості біометану.

Компетентності та програмні результати: К19; К20; ПР17; ПР20.

Змістовий модуль 2. Інженерне проектування, автоматизація та економічна оцінка комплексів.

Тема 7. Технологічні схеми біогазових та біометанових комплексів.

Розробка блок-схем процесу: подача сировини, підготовка, реактор(и), сепарація, підготовка газу, зберігання, утилізація побічних продуктів; принципи інтеграції модулів.

Компетентності та програмні результати: K17; K19; ПР17; ПР19.

Тема 8. Розрахунок матеріальних і енергетичних балансів.

Складання матеріальних балансів на цикл, розрахунок виходу біогазу/біометану, енергетичний баланс установки, оцінка потреб у паливі та енергії для допоміжних процесів.

Компетентності та програмні результати: ІК; K17; ПР17; ПР20.

Тема 9. Підбір і специфікація обладнання.

Критерії вибору реакторів, змішувачів, насосів, сепараторів, систем очищення газу та допоміжного обладнання; складання технічних специфікацій і вимог до матеріалів.

Компетентності та програмні результати: K20; K19; ПР15; ПР17.

Тема 10. Автоматизація, системи управління та моніторинг процесів.

Архітектура АСУ ТП для біогазових комплексів, сенсори і вимірювальні системи (рН, температура, тиск, склад газу), алгоритми регулювання режимів, SCADA та інтеграція з енергетичною мережею.

Компетентності та програмні результати: K23; ІК; ПР19; ПР01.

Тема 11. Оцінка ефективності, екологічні та безпекові аспекти.

Критерії ефективності (вихід метану, продуктивність, економічний коефіцієнт), оцінка впливу на довкілля, ризики експлуатації, вимоги з охорони праці та біобезпеки, управління відходами.

Компетентності та програмні результати: ІК; K17; ПР20; ПР17.

Тема 12. Техніко-економічне обґрунтування та підготовка проєктної документації.

Методика розрахунку капітальних і експлуатаційних витрат, оцінка окупності, підготовка технічних креслень, специфікацій, карти постадійного контролю та комплекту документації для впровадження.

Компетентності та програмні результати: K19; K17; ПР17; ПР19.

Розподіл змістовних модулів і тем за годинами.

Тема	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Разом
<b>Змістовний модуль 1.</b>				
Тема №1. Біологічні основи анаеробного зброджування	2	-	7	9
Тема №2. Сировина для біогазових комплексів та її характеристика	2	2	8	12
Тема №3. Кінетика та математичне моделювання процесів у біореакторах	2	2	8	12
Тема №4. Типи реакторів та конструктивні рішення для анаеробних установок	2	2	8	12
Тема №5. Тепло- та масообмін, змішування і гідродинаміка в реакторах	2	2	7	11
Тема №6. Біогаз: склад, утилізація та підготовка до метанізації	2	2	7	11
Разом змістовний модуль 1	12	10	45	67
<b>Змістовний модуль 2.</b>				
Тема №7. Технологічні схеми біогазових та біометанових комплексів	2	2	7	11

Тема №8. Розрахунок матеріальних і енергетичних балансів	2	2	8	12
Тема №9. Підбір і специфікація обладнання	2	2	7	11
Тема №10. Автоматизація, системи управління та моніторингові процеси	2	2	7	12
Тема №11. Оцінка ефективності, екологічні та безпекові аспекти	2	2	7	11
Тема №12. Техніко-економічне обґрунтування та підготовка проєктної документації	2	2	8	11
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. Характеристика сировини: фізико-хімічні та біохімічні показники Опис заняття: визначення вмісту сухої речовини (TS), леткої сухої речовини (VS), рівня рН, співвідношення C/N та базовий хімічний аналіз зразків сировини; інтерпретація впливу цих показників на стабільність процесу метаногенезу.	2
2.	Тема №3. Моделювання кінетики анаеробного зброджування (практикум) Опис заняття: побудова спрощених кінетичних моделей (рівняння Монода, модифіковані моделі Гомпертца) для опису росту мікроорганізмів та утворення метану; чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) у MS Excel або Octave; порівняння результатів моделювання з експериментальними даними.	2
3.	Тема №4. Проєктування об'єму реактора та вибір типу (CSTR vs UASB) Опис заняття: розрахунок необхідного об'єму реактора на основі заданого навантаження за органічною речовиною та бажаного гідравлічного часу перебування (HRT); порівняльний аналіз реакторів із повним перемішуванням (CSTR) та реакторів із висхідним потоком через шар анаеробного мулу (UASB).	2
4.	Тема №5. Розрахунок систем змішування та гідродинаміки в реакторі Опис заняття: визначення необхідної потужності змішувача, вибір типу перемішування (механічне, гідравлічне, пневматичне) та розрахунок параметрів циркуляції для забезпечення гомогенності середовища й запобігання утворенню осаду.	2
5.	Тема №6. Аналіз складу біогазу та методи очищення Опис заняття: кількісне визначення компонентів біогазу (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S) за допомогою газоаналізатора; демонстрація фізико-хімічних принципів адсорбції, біофільтрації та мембранної сепарації; розрахунок ефективності видалення	2

	<i>домішок.</i>	
6.	Тема №7. Розробка технологічної блок-схеми для маломасштабного комплексу Опис заняття: групова робота над створенням блок-схеми технологічного процесу для конкретного кейсу (фермерське господарство або переробка комунальних відходів); ідентифікація матеріальних потоків, вузлів підготовки сировини та критичних точок контролю.	2
7.	Тема №8. Складання матеріального та енергетичного балансів. Опис заняття: поетапна розробка матеріального балансу на один цикл та розрахунок теплового й електричного балансів установки; аналіз енергетичної автономності об'єкта та дослідження чутливості системи до зміни калорійності сировини.	2
8.	Тема №9. Підбір обладнання та складання технічної специфікації. Опис заняття: на основі проведених інженерних розрахунків підібрати типорозміри основних агрегатів: реакторів, насосних станцій, теплообмінників та скрубєрів; підготовка технічної специфікації, адаптованої до вимог тендерної документації.	2
9.	Тема №10. Симуляція АСУ ТП: сенсори, ПІД-регулювання та SCADA-інтерфейс. Опис заняття: налаштування віртуальної системи керування: вибір та розміщення сенсорів, налаштування ПІД-контролерів (Proportional-Integral-Derivative) для стабілізації температурного режиму та pH; візуалізація процесів у середовищі SCADA.	2
10.	Тема №11. Оцінка ефективності та екологічний аудит. Опис заняття: проведення експрес-аудиту екологічної безпеки проекту: розрахунок потенційного скорочення викидів парникових газів (CO <sub>2</sub> -еквівалент), аналіз побічних продуктів (дигестату) як добрива та розробка заходів із мінімізації техногенних ризиків.	2
11.	Тема №12. Підготовка техніко-економічного обґрунтування (ТЕО). Опис заняття: підсумковий воркшоп із розробки скороченого ТЕО для біометанового комплексу: оцінка капітальних інвестицій (CAPEX), операційних витрат (OPEX), розрахунок чистої приведеної вартості (NPV) та терміну окупності проекту.	2
Разом освітня компонента		22

*Теми завдань для самостійної роботи.*

№ з/п	Тема самостійної роботи та опис	Кількість годин
1.	Тема №1. Звіт: аналіз потенціалу метаногенезу (BMP-оцінка). Опис завдання: зібрати дані про один локальний субстрат (гній, силос, харчові відходи тощо), провести літературний аналіз типових значень BMP (Biochemical Methane Potential),	7

	<i>розрахувати очікуваний вихід метану для заданої вологості та вмісту летких сухих речовин.</i>	
2.	<i>Тема №2. Таблиця характеристик сировини та рекомендації з підготовки. Опис завдання: зібрати або задати показники для трьох різних субстратів. Підготувати порівняльну таблицю та технічні рекомендації щодо змішування (ко-ферментації) та попередньої обробки для оптимізації процесу.</i>	8
3.	<i>Тема №3. Розрахунок: матеріальний баланс одного циклу. Опис завдання: для заданої подачі сировини скласти спрощений матеріальний баланс: вхід органічної речовини, вихід біогазу, кількість залишків (дигестату). Розрахунки виконати в Excel.</i>	8
4.	<i>Тема №4. Розрахунок: об'єм реактора та гідравлічний час перебування (HRT). Опис завдання: на основі продуктивності розрахувати об'єм реактора для режимів CSTR та UASB. Порівняти параметр HRT та необхідну площу під будівництво.</i>	8
5.	<i>Тема №5. Технологічна схема (PFD) та спрощений P&amp;ID проекту. Опис завдання: розробити блок-схему процесу (PFD) та спрощену схему автоматизації (P\ID) для конкретного кейсу (ферма або комунальний сектор). Додати специфікацію основного обладнання.</i>	7
6.	<i>Тема №6. Специфікація обладнання: реактор, змішувач, насос. Опис завдання: підібрати типорозміри реактора, тип змішувача (механічний/гідравлічний) та параметри насоса. Скласти технічні специфікації: робочі умови, матеріали (корозійна стійкість), потужність.</i>	7
7.	<i>Тема №7. Модель продуктивності: базовий та стрес-сценарії. Опис завдання: створити модель в Excel для прогнозування виходу біометану за нормальних умов та у випадку «стресу» (зниження температури, зміна якості сировини або накопичення інгібіторів).</i>	7
8.	<i>Тема №8. Аналіз методів очищення біогазу та вибір рішення. Опис завдання: порівняти три методи апгрейдингу біогазу до біометану (адсорбція, біофільтрація, мембранна сепарація) за критеріями чистоти продукту, енерговитрат та складності обслуговування.</i>	8
9.	<i>Тема №9. Реєстр ризиків: експлуатація та біобезпека. Опис завдання: ідентифікувати 6 ключових ризиків (наприклад, витік H<sub>2</sub>S, закислення реактора, екологічне забруднення), оцінити їх за матрицею «ймовірність/наслідки» та розробити план реагування.</i>	7
10.	<i>Тема №10. Міні-ТЕО: попередня оцінка CAPEX/OPEX. Опис завдання: підготувати фінансову таблицю з основними капітальними інвестиціями (CAPEX) та операційними витратами (OPEX). Розрахувати точку беззбитковості.</i>	7
11.	<i>Тема №11. Симуляція пілота та звіт з рекомендаціями. Опис завдання: на основі віртуальних даних змодельювати роботу пілотної установки протягом 30 днів. Виявити «вузькі місця» та запропонувати три конкретні кроки для підвищення</i>	7

	<i>стабільності виходу газу.</i>	
12.	Тема №12. Дорожня карта масштабування та логістика сировини. Опис завдання: розробити план переходу від пілота до промислового об'єкта (12–18 місяців). Скласти карту постачання сировини з урахуванням логістичного плеча та сезонних коливань.	8
Разом освітня компонента		89
<b>Форми та методи навчання</b>		
<p><b>Форми навчання</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Лекції (24 год) — інтерактивні модулі, що передбачають виклад теоретичного й методологічного матеріалу з використанням мультимедіа, інтерактивних схем та коротких кейс-завдань. Кожна лекція містить 1–2 контрольні запитання або мінізадачу для самостійної підготовки. Відповідність: ПР01, К17, ІК.</i></li> <li>○ <i>Практичні заняття та воркшопи (22 год) — робота в малих міждисциплінарних групах над ВМР-тестами, інженерними розрахунками реакторів, розробкою PID та симуляціями АСУ ТП у форматі «роби-і-обговорюй» (learning-by-doing). Відповідність: ПР15, ПР17, ПР19, К20.</i></li> <li>○ <i>Самостійна робота (89 год) — структуровані індивідуальні завдання: аналітичні огляди, складання матеріальних балансів, побудова фінмоделей та підготовка пітчів. Завдання мають чіткі дедлайни та супроводжуються шаблонами звітів. Відповідність: ПР01, ПР17, ПР20.</i></li> <li>○ <i>Консультації та менторські сесії — регулярні індивідуальні або групові зустрічі для перевірки проміжних результатів, уточнення технічних розрахунків та координації підготовки до захисту проєктів. Відповідність: ІК, ПР19.</i></li> </ul> <p><b>Методи навчання (педагогічні підходи)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Проєктно-орієнтоване навчання (PjBL) — командна розробка комплексного інженерно-економічного рішення з визначеними контрольними точками та формативним зворотним зв'язком; стимулює інтеграцію програмних результатів навчання. Відповідність: ПР17, ПР19, ПР20.</i></li> <li>○ <i>Проблемно-орієнтоване навчання (PBL) — робота над конкретними технічними викликами (наприклад, раптове падіння продуктивності реактора) за фасилітації викладача; розвиває здатність діяти в умовах невизначеності. Відповідність: ІК, К17.</i></li> <li>○ <i>Кейс-метод — детальний аналіз реальних або змодельованих виробничих ситуацій, що включають технічні, економічні та етичні аспекти; завершується груповою дискусією та захистом рішень. Відповідність: ПР20, К17.</i></li> <li>• <i>Перевернутий клас (Flipped Classroom) — модель, за якої теоретичний матеріал опрацьовується студентами самостійно до початку заняття, а аудиторний час використовується виключно для активної практики, моделювання та дискусій. Відповідність: ПР01, ПР19.</i></li> </ul>		
<b>Інструменти, обладнання, програмне забезпечення</b>		
<i>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.</i>		
<b>Порядок оцінювання програмних результатів навчання/результатів навчання</b>		
<i>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</i>		

компоненти; семестровий поточний контроль передбачає перевірку практичних робіт та самостійної роботи студентів, результатів тестування модульних контролів 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
<b>Змістовний модуль 1.</b>				
Тема №1. Біологічні основи анаеробного зброджування	-	-	0-1	0-1
Тема №2. Сировина для біогазових комплексів та її характеристика	-	0-5	0-1	0-6
Тема №3. Кінетика та математичне моделювання процесів у біореакторах	-	0-5	0-1	0-6
Тема №4. Типи реакторів та конструктивні рішення для анаеробних установок	-	0-5	0-1	0-6
Тема №5. Тепло- та масообмін, змішування і гідродинаміка в реакторах	-	0-5	0-1	0-6
Тема №6. Біогаз: склад, утилізація та підготовка до метанізації	-	0-4	0-1	0-5
Разом змістовний модуль 1	-	0-24	0-6	0-30
Модульний контроль 1	0-20			
<b>Змістовний модуль 2.</b>				
Тема №7. Технологічні схеми біогазових та біометанових комплексів	-	0-4	0-1	0-5
Тема №8. Розрахунок матеріальних і енергетичних балансів	-	0-4	0-1	0-5
Тема №9. Підбір і специфікація обладнання	-	0-4	0-1	0-5
Тема №10. Автоматизація, системи управління та моніторингу процесів	-	0-4	0-1	0-5
Тема №11. Оцінка ефективності, екологічні та безпекові аспекти	-	0-4	0-1	0-5
Тема №12. Техніко-економічне обґрунтування та підготовка проєктної документації	-	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 рівня складності	9	1	0-9	3	27
Високого рівня складності	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. Виробництво і використання біогазу в Україні : довідник / Біоенергетична асоціація України ; за ред. Г. Г. Гелетуку. Київ, 2012. 128 с. URL: [uabio.org](http://uabio.org) (дата звернення: 03.03.2026).

2. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.

3. Бригінець К.Д. Утилізація промислових відходів. / К.Д. Бригінець, К.О. Абашина; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 58 с.

4. Про Загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами: закон України від 2000р / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 44.

5. Державні будівельні норми України Полігони твердих побутових відходів Основні положення проектування. ДБН В.2.4-2-2005// Електронний ресурс/ Режим доступу <http://dbn.at.ua/load/1-1-0-289>.

6. Природоохоронні біотехнології. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія», освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. Ю. Козар, О. Я. Боровик. – Електронні текстові дані (1 файл: 629 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 55 с.

Допоміжна:

7. Закон України «Про відходи» //Електронний ресурс// Закон № 187/98-ВР. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187/98>

8. Khan, Anish, editor. *Advanced Technology for the Conversion of Waste into Fuels and Chemicals. Biological Processes. Volume 1.* Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2021.

9. Gustafsson, Marcus. "Policy Designs for Biomethane Promotion." *Biogas to Biomethane*, 2024, p. 301, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18479-6.00012-0>.

10. Bayard, Rémy, and Pierre Buffière. "Microbial Biomethane Production from Agricultural Solid Wastes." *Microbial Fuels*, edited by Serge Hiligsmann and Farshad Darvishi Harzevili, 1st ed., vol. 1, Routledge, 2017, pp. 189–218, <https://doi.org/10.1201/9781351246101-6>.

11. Zafanelli, Lucas F. A. S, et al. "Simulation of Fixed-Bed Adsorption for Biogas Upgrading." *Recent Trends in Nanotechnology for Sustainable Living and Environment*, edited by Ziyauddin Khan et al., no. 1, Springer Nature Singapore, 2023, pp. 77–87,

[https://doi.org/10.1007/978-981-99-3386-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3386-0_7).

### **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. Bioenergy International. Посилання: [Bioenergy International](#).
7. National Center for Biotechnology Information (NCBI). Посилання: [NCBI - National Center for Biotechnology Information](#).
8. European Federation of Biotechnology (EFB). Посилання: [EFB - European Federation of Biotechnology](#).

### **ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ**

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

Перелік ключових соціальних (м'яких) навичок, які формує дисципліна:  
Критичне мислення — вміння аналізувати технічні, наукові та бізнес-дані. Формується через інтерпретацію результатів ВМР-тестів, порівняння методів очищення газу та розбір кейсів; оцінюється за якістю аналітичних звітів і аргументованістю запропонованих рішень.

Командна робота — ефективна координація в малих міждисциплінарних групах під час розробки та міні-ТЕО. Розвивається у проєктних воркшопах і під час взаємного рецензування (peer-review); оцінюється через групове оцінювання та особистий внесок у командний проєкт.

Технічно орієнтована комунікація — здатність чітко пояснювати складні інженерні рішення різним аудиторіям (фахівцям, інвесторам, представникам муніципалітетів). Відпрацьовується під час пітчів і публічних демонстрацій; оцінюється за якістю презентаційних матеріалів і нотаток до виступу.

Етична відповідальність і професійна доброчесність — дотримання норм біобезпеки, етики досліджень та академічної доброчесності. Інтегрується в лабораторні інструкції, обговорення нормативного регулювання та патентних аспектів; оцінюється через рефлексивні звіти та дотримання регламентованих процедур.

Візуалізація даних і результатів — вміння професійно оформлювати матеріальні й енергетичні баланси, графіки моделювання та технічні схеми. Відпрацьовується в практикумах і під час самостійної роботи; оцінюється за технічною точністю та зрозумілістю звітів і схем.

Самоорганізація та навчальна автономія — здатність ефективно планувати самостійну роботу, самостійно шукати джерела інформації та оновлювати професійні знання. Формується через індивідуальні завдання, модель перевернутого класу (flipped learning) та рефлексію; оцінюється за регулярністю і якістю подання звітів.

#### **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 від індустрії — короткі тематичні сесії від виробників обладнання, постачальників технологій очищення газу та енергетичних операторів. Дають доступ до практичних кейсів та нових технологій.

- Професійні сертифікаційні курси — спеціалізоване навчання з автоматизації (PLC/SCADA), енергетичного менеджменту або управління проектами.

- Конференції та галузеві семінари — наукові й промислові заходи для обміну досвідом, презентації нових рішень і нетворкінгу.

- Майстер-класи та лабораторні інтенсиви — практичні дні з демонстрацією роботи обладнання, методів очищення газу та ВМР-тестування.

- Інкубатори та акселератори — підтримка стартап-ідей, менторство, доступ до інвесторів та технічних експертів.

**Інформальна освіта:**

- Самоосвіта через фахову літературу — читання наукових статей, технічних звітів і стандартів; ведення бібліографічних нотаток.

- YouTube-лекції та технічні канали — відеодемонстрації обладнання, симуляцій та лабораторних процедур.

- Професійні спільноти та форуми — участь у тематичних групах LinkedIn, ResearchGate, технічних форумах; обмін досвідом.

- Подкасти і технічні блоги — регулярне прослуховування інтерв'ю з експертами, оглядів ринку та технологій.

- Новинні розсилки та технічні дайджести — підписки на галузеві видання для відстеження нормативних змін і ринкових трендів.

- Волонтерські проекти та громадські ініціативи — участь у проектах з утилізації відходів або енергоефективності на місцевому рівні.

### **Правила академічної доброчесності**

Академічна доброчесність - обов'язкова умова навчання в курсі; її дотримання гарантує достовірність результатів, етичну поведінку та професійну репутацію студентів.

**Основні положення:**

- Чесність - всі роботи, дані й презентації мають бути правдивими.
- Оригінальність - письмові роботи, коди, моделі й презентації повинні бути оригінальними або містити коректні посилання.
- Прозорість внеску - у командних проектах обов'язково вказувати ролі та короткі звіти про внесок кожного учасника.
- Біобезпека і етика - експерименти виконуються лише за дозволами й у межах правил біобезпеки.

**Правила оформлення і подання матеріалів:**

- Посилання оформлюються за стандартом ДСТУ; самоплагіат заборонено.
- Моделі супроводжуються пояснювальною запискою і джерелами даних.
- Викладач може вимагати перевірку унікальності; при схожості понад 20% робота підлягає розгляду.

**Поведінка під час занять і контрольних заходів:**

- Контрольні заходи виконуються індивідуально, якщо інше не дозволено викладачем.

- Заборонено списування, передачу відповідей або використання заборонених пристроїв під час тестів.
- Пітчі й демонстрації мають містити список джерел і методи валідації гіпотез.

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**

**Загальні положення:**

- **Обов'язковість відвідування** - відвідування лекцій і практичних занять є обов'язковим для досягнення програмних результатів курсу.
- **Активна участь** - студенти мають брати участь у дискусіях, воркшопах і командних сесіях; участь враховується при формуванні підсумкової оцінки.
- **Пунктуальність** - приходити завчасно; запізнення фіксується викладачем і може вплинути на оцінювання участі.

**Категорії пропусків і підтвердження:**

- **Об'єктивні причини** - хвороба (медична довідка), академічна мобільність, офіційні відрядження, виклики від університету; вимагають документального підтвердження.
- **Інші поважні причини** - сімейні обставини, участь у наукових/професійних заходах; підтверджуються відповідними документами.
- **Неповажні пропуски** - відсутність підтвердження або необґрунтоване пропущення занять; можуть вплинути на підсумкову оцінку.

**Порядок повідомлення про пропуск:**

- **Термін повідомлення** - студент повідомляє викладача про неможливість відвідування не пізніше ніж за 24 години до заняття (якщо можливо) або протягом 3 робочих днів після повернення.
- **Форма повідомлення** - електронною поштою на офіційну адресу викладача або через навчальну платформу з додаванням сканів/фоток підтверджуючих документів.

**Відпрацювання пропущених занять:**

- **Лекції** - самостійне опрацювання матеріалу з використанням розміщених ресурсів; за потреби - консультація з викладачем.
- **Практичні заняття** - відпрацювання за індивідуальним графіком, узгодженим з викладачем; студент отримує індивідуальне завдання, еквівалентне пропущеному практикуму.
- **Терміни відпрацювання** - зазвичай до двох тижнів після повернення; для академічної мобільності - узгоджено до початку від'їзду.

**Отримання індивідуальних завдань і консультацій:**

- **Звернення за завданням** - студент особисто домовляється з викладачем під час занять, на консультації або електронною поштою.
- **Терміни виконання** - встановлюються при видачі індивідуального завдання; несвоєчасне виконання може вплинути на оцінку.
- **Графік консультацій** - оприлюднюється на першому занятті та на навчальній платформі; можливі додаткові менторські сесії за потреби.

Автор

Олександр ГРИЦИНА

Доцент

Затверджено

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

Валерій СОРОКА

документ підписаний КЕП  
Номер документа СИЛ №563  
Підписувач Сорока Валерій Степанович  
Сертифікат 3FAA9288358EC00304000009B6C3700C8C2C100