



# БІОЕНЕРГЕТИКА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 «Біотехнології та біоінженерія»</i>
Освітня програма	<i>«Біотехнології»</i>
Статус дисципліни	<i>обов'язковий</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс / осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредита</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, письмовий, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>1 лекція/тиждень, 1,55 год лабораторного заняття/тиждень, 0,5 год практичних занять/тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Щурська Катерина Олександрівна, <a href="mailto:shchurska.kateryna@iit.kpi.ua">shchurska.kateryna@iit.kpi.ua</a>, телеграм @shchurska</i> Лабораторні, практичні: <i>к.т.н., доцент, Щурська Катерина Олександрівна, <a href="mailto:shchurska.kateryna@iit.kpi.ua">shchurska.kateryna@iit.kpi.ua</a>, телеграм @shchurska</i>
Розміщення курсу	Код курсу s5bxz45 на <a href="https://classroom.google.com/">https://classroom.google.com/</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- до опанування технологій отримання та використання енергії з біомаси, а саме твердого біопалива для теплопостачання, різновидів рідкого біопалива для використання в якості моторних палив, газоподібного біопалива для одержання теплової, електричної енергії, а також промислової сировини;
- аналізувати та проектувати виробництва природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні засвоїти компетентності, якими повинен оволодіти здобувач:

ФК 16 Здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції харчового, фармацевтичного, парафармацевтичного та природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу

ЗН 28 Знання технологій отримання та використання твердого, рідкого та газоподібного біопалива, хімічних, фізичних, мікробіологічних та біохімічних основ утворення біопалива

УМ 17 Уміти аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

**Пререквізити:** загальні природничо-наукові знання; базові знання з хімії, фізики, біохімії; рівень володіння англійською мовою не нижче B1;

**Постреквізити:** отримані результати навчання є підґрунтям для проходження переддипломної практики та виконання атестаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Біоенергетика. Сучасний стан та перспективи**

Тема 1. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні

Тема 2. Нормативно-правові документи України та державне регулювання у сфері біоенергетики.

### **Розділ 2. Традиційні біопалива**

Тема 1. Загальна характеристика біомаси.

Тема 2. Тверде біопаливо.

Тема 3. Рідке біопаливо

Тема 4. Газоподібне біопаливо

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література:**

1. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / К. О. Щурська, Є. В. Кузьмінський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 304 с.
2. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energymagazine.com.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai-ni.pdf>. – Назва з екрана.
3. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.
4. Красінько В. О. Біоенергетика та охорона довкілля [Електронний ресурс]: консп. лекцій / В. О. Красінько. – Київ : НУХТ, 2013. – 88 с. – Назва з екрана.
5. Біогазові технології в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA\\_news/Innovations\\_in\\_CBA/Budivnyctvo\\_i\\_ekspl\\_Biogas\\_2011.pdf](http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf). – Назва з екрана.
6. Chisti Y. Biodiesel from microalgae / Y. Chisti // Biotechnology Advances. – 2007. – Vol. 25. – № 3. – P. 294–306.

### **Допоміжна література:**

7. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення: практ. посіб. / Під заг. ред. Р. Ю. Тормосова. – Київ : ТОВ «Поліграф плюс», 2015. – 208 с.
8. Кузьмінський Є. В. Проблемні питання екобіотехнології та біоенергетики: підручник / Є. В. Кузьмінський, К. О. Щурська. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 75 с.
9. Гелету́ха Г. Г. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелету́ха, Т. А. Железна // Т. 39, № 2. – Пром. теплотехн., 2017. – С. 60–63.
10. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії : навч. посіб. / Р. Титко, В. М. Калініченко // Відновлювальні Джерела Енергії (досвід Польщі для України). – Варшава : OWG, 2010. – 530 с.
11. Друкований М. Ф. Переваги та недоліки використання біодизеля [Електронний ресурс] / М. Ф. Друкований, І. М. Алексевич, І. М. Ковальова // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2016. – № 3 (95). – С.190–192. Режим доступу: <http://tetapk.vsau.org/files/pdfa/3307.pdf>. – Назва з екрана.

12. Біодизель та біоеталон : модуль / В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, В. М. Поліщук [та ін.] ; UNIDO. – К., 2015. – 52 с
13. Носенко Ю. У пошуках альтернативи: біобутанол / Ю. Носенко // Агробізнес сьогодні. – 2016. – № 6. – С. 102–104.
14. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК Україн. Навч. посібник/ Калетнік Г.М., Пришляк В.М. – К: Аграрна наука, 2010. – 327 с.
15. Биология метанообразующих и метаноокисляющих микроорганизмов / под. ред. Смирнова В. В. – Київ : Наук. думка, 1993. – 255 с.
16. Эдер Б. Биогазовые установки: практ. пособие. Основы планирования. Строительные работы. Типы установок. Экономическая обоснованность По изд. 1996, на нем. (Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit / Б. Эдер, Х. Шульц. – 1996. – 268 с.
17. Bernhard Drosch Process monitoring in biogas plants Technical Brochure 2013 IEA Bioenergy ISBN 978-1-910154-03-8
18. Фундаментальні проблеми водневої енергетики : монографія / Під. ред. акад. НАНУ В. Д. Походенка, акад. НАНУ В. В. Скорохода, чл.-кор. Ю. М. Солоніна. – Київ : «НАН України», 2010. – 495 с.
19. Левтун І.І. Біотехнологія культивування мікродоростей *Chlorella vulgaris* з підвищеним вмістом ліпідів : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 03.00.20 – біотехнологія / Ігор Ігорович Левтун ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2017. – 154 с.
20. О Косинчук, Г Кондратюк, Н Козлова, Є Новицька Визначення зменшення викидів парникових газів за рахунок використання відновлюваних джерел енергії /Наукоємні технології. – 2010. - №5 (1). – С. 98-102.

### Інформаційні ресурси

- <http://www.uabio.org/> - Біоенергетична асоціація України
- [en.kge.bio](http://en.kge.bio) - ТОВ “Київ Грін Енерджі”
- <http://biomass.kiev.ua/> - Науково-технічний центр «Біомаса»
- <http://bio-gas.com.ua/> - АККОРД-ЛТД
- <https://rea.org.ua/> - Агентство з відновлюваної енергетики

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### 5.1 Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><b>Вступ. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні, зокрема.</b></p> <p>Можливі сценарії подальшого розвитку цивілізації. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та Україні.</p> <p><i>Література: 1, 2.</i></p> <p><b>СПС:</b> Ключові бар'єри до розвитку ВДЕ та рекомендації щодо їх усунення</p> <p><i>Література: 9.</i></p>
2	<p><b>Законодавчі та економічні аспекти розвитку біоенергетики у світі.</b></p> <p>Політика країн світових лідерів щодо стимуляції використання енергії біомаси. Законодавча база біоенергетичної галузі в Україні (Закон України Про альтернативні види палива, Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., Закон України Про альтернативні види палива. Структура єдиного біоенергетичного простору України.</p>

	<p><i>Література: 1, 2.</i></p> <p><b>СРС:</b> Гармонізація українського законодавства з європейським в питаннях біоенергетики</p> <p><i>Література: 9.</i></p>
3	<p><b>Загальна характеристика біомаси та біопалива.</b></p> <p>Класифікація енергетичної сировини. Основні деревні енергетичні рослини європейської зони. Поняття про ліси швидкої ротації (SRF). Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Елементний склад біопалива. Характеристики біопалива (нижча і вища теплота згорання палива, температура плавлення золи)</p> <p><i>Література: 1, 7.</i></p> <p><b>СРС:</b> Залежність нижчої теплоти згорання від вологості біомаси.</p> <p><i>Література: 7</i></p>
4	<p><b>Технологія виробництва паливних гранул.</b></p> <p>Характеристика паливних гранул, сировина, переваги та недоліки використання паливних гранул. Технологія виробництва деревних паливних гранул та агропелет.</p> <p><i>Література: 1, 3.</i></p> <p><b>СРС:</b> Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів.</p> <p><i>Література: 3.</i></p>
5	<p><b>Пряме спалювання твердого біопалива.</b></p> <p>Основні види та характеристики твердого біопалива з рослинних відходів. Пряме спалювання. Обладнання для спалювання.</p> <p><i>Література: 1, 4</i></p> <p><b>СРС:</b> Українські виробники обладнання для спалювання біомаси.</p> <p><i>Література: 2, 4.</i></p>
6	<p><b>Газифікація та піроліз біомаси.</b></p> <p>Хімічні процеси (автотермічні, алотермічні) при газифікації біомаси. Конструкції апаратів для газифікації. Проблеми, що супроводжують експлуатацію газогенераторної установки. Піроліз біомаси, хімізм процесу, продукти та відходи.</p> <p><i>Література: 1, 4.</i></p> <p><b>СРС:</b> Історія розвитку методів газифікації та піролізу деревної біомаси.</p> <p><i>Література: 1.</i></p>
7	<p><b>Очищення продуктів згорання.</b></p> <p>Утилізація та системи очищення продуктів згорання. Системи конденсації продуктів згорання. Утилізація золи.</p> <p><i>Література: 1, 4.</i></p> <p><b>СРС:</b> ГДК складових золи.</p> <p><i>Література: 1, 4.</i></p>
8	<p><b>Рідке біопаливо.</b></p> <p>Стан та перспективи розвитку виробництва рідкого біопалива в Україні. Види рідкого біопалива та його використання. Промислове виробництво біопалива з рослинних відходів в Україні.</p> <p><i>Література: 1, 11.</i></p> <p><b>СРС:</b> порівняльна характеристика рідкого біопалива.</p> <p><i>Література: 1, 11.</i></p>
9	<p><b>Біодизель як вид рідкого біопалива.</b></p> <p>Характеристика біодизеля. Технології виробництва біодизеля. Відходи виробництва біодизеля та їх утилізація. Переваги, недоліки біодизеля, перспективи та питання</p>

	<p>охорони довкілля</p> <p><i>Література:</i> 1, 11.</p> <p><b>СРС:</b> Безкаталізаторна технологія виробництва біодизеля.</p> <p><i>Література:</i> 1, 11.</p>
10	<p><b>Біоетанол як вид рідкого біопалива.</b></p> <p>Характеристика біоетанолу. Технології одержання біоетанолу з різних типів сировини. Продуценти біоетанолу. Відходи виробництва біоетанолу та їхня утилізація.</p> <p><i>Література:</i> 1, 4.</p> <p><b>СРС:</b> Методи аналізу якості біоетанолу.</p> <p><i>Література:</i> 1, 4.</p>
11	<p><b>Біобутанол як вид рідкого біопалива.</b></p> <p>Характеристика біобутанолу. Ацетано-бутилове бродіння. Продуценти біобутанолу. Технології одержання біобутанолу з різних типів сировини. Переробка барди ацетано-бутилового виробництва. Утилізація газів бродіння.</p> <p><i>Література:</i> 1, 13, 14.</p> <p><b>СРС:</b> Характеристика <i>Clostridia acetobutylicum</i>.</p> <p><i>Література:</i> 15.</p>
12	<p><b>Перспективні рідкі біопалива.</b></p> <p>Біонафта, біобензин, біометанол – стан і перспективи, характеристика, сировина, технології отримання, переваги та недоліки.</p> <p><i>Література:</i> 1, 4.</p> <p><b>СРС:</b> Сировина для отримання біонафти.</p> <p><i>Література:</i> 1.</p>
13	<p><b>Основні види газоподібного біопалива, характеристика процесу метанового зброджування.</b></p> <p>Різновиди газоподібного біопалива (синтез-газ, генераторний газ, біогаз, біоводень) та їхня характеристика. Мікробіологічні та біохімічні основи метанового зброджування. Фактори впливу на метанове бродіння.</p> <p><i>Література:</i> 1, 15, 16.</p> <p><b>СРС:</b> Механізм утворення метану з ацетату.</p> <p><i>Література:</i> 15.</p>
14	<p><b>Біогаз як газоподібне біопаливо.</b></p> <p>Загальна характеристика біогазу. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках. Будова газгольдерів. Конструкції біогазових установок.</p> <p><i>Література:</i> 1, 15-17.</p> <p><b>СРС:</b> Когенераційні установки.</p> <p><i>Література:</i> 18.</p>
15	<p><b>Технологічні параметри метанового бродіння</b></p> <p>Температура, перемішування, режим роботи, тривалість перебування та навантаження за сухою органічною речовиною.</p> <p><i>Література:</i> 5, 10, 15.</p> <p><b>СРС:</b> Методика визначення показника FOS/TAC.</p> <p><i>Література:</i> 17.</p>
16	<p><b>Очищення біогазу від домішок</b></p>

	<p>Технології очищення біогазу від домішок твердих частинок, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, силосанів. Переваги та недоліки технологій очищення біогазу від домішок. Підготовка біогазу до кондицій природного газу. Шлях до анаеробіозу.</p> <p><i>Література:</i> 1, 5, 15, 16.</p> <p><b>СРС:</b> Утилізація дигестату анаеробної ферментації.</p> <p><i>Література:</i> 5.</p>
17	<p><b>Воднева енергетика</b></p> <p>Сучасний стан водневої енергетики. Біоводень як перспективний вид біопалива. Класифікація та характеристика біотехнологій продукування біоводню за способом трансформації енергії.</p> <p><i>Література:</i> 18.</p> <p><b>СРС:</b> Способи зберігання водню.</p> <p><i>Література:</i> 18.</p>
18	<p><b>Біопаливо з мікробіодоростей</b></p> <p>Переваги та недоліки мікробіодоростей як енергетичних культур. Конструкції фотобіореакторів. Сучасні досягнення в галузі отримання біопалива з мікробіодоростей.</p> <p><i>Література:</i> 19, 20.</p> <p><b>СРС:</b> Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікробіодоростями.</p> <p><i>Література:</i> 19, 20.</p>

## 5.2 Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Оцінка якості паливних гранул <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	2
2	Отримання біодизеля <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	2
3	Оцінка якості біодизеля <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	4
4	Отримання біоетанолу <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	6
5	Отримання біогазу <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	6
6	Визначення якості біологічної сировини для метанового бродіння <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	4
7	Культивування та дослідження мікробіодоростей як джерела ліпідів <i>Література:</i> інструкція до виконання лабораторної роботи. <b>СРС:</b> підготовка до виконання лабораторної роботи	4

### 5.3 Практичні заняття

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість ауд. годин
1	<p>Тема 1. Загальна характеристика біомаси                      Елементний склад біопалива.                      - Розрахунок маси палива: робочої, сухої, сухої беззольної.                      Література: 1, 7.  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 1, 7.</p>	2
2	<p>Тема 2. Тверде біопаливо                      Розрахунок вартості опалювання різними видами біопалива                      Література: 1, 7.  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 1, 7.</p>	2
3	<p>Тема 2. Тверде біопаливо.                      Нижча і вища теплота згоряння палива.                      Література: 1, 7.  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 1, 7.</p>	2
4	<p>Тема 2. Тверде біопаливо.                      Визначення зменшення викидів парникових газів за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.                      Література: 24  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 24</p>	2
5	<p>Тема 2. Тверде біопаливо.                      Енергетичний потенціал рослинних відходів                      Література: 1  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 1                      Контрольна робота №1 - 1 год.</p>	2
6	<p>Тема 3. Рідке біопаливо                      SWOT-аналіз використання різних видів біопалива                      Література: 6  <b>СРС:</b> SWOT-аналіз використання біоетанолу                      Література: 6  <b>Контрольна робота №1 - 1 год.</b></p>	2
7	<p>Тема 4. Газоподібне біопаливо                      Розрахунок об'єму і теплового навантаження метантенка біоенергетичної установки.                      Література: 17  <b>СРС:</b> розв'язок задач.                      Література: 17</p>	2
8	<p>Тема 4. Газоподібне біопаливо                      Розрахунок необхідної кількості енергії на роботу біоенергетичної установки</p>	2

	Література: 17 СРС: розв'язок задач. Література:17	
9	Тема 4. Газоподібне біопаливо Розрахунок показників енергетичної ефективності біоенергетичної установки Література:17 СРС: розв'язок задач. Література: 17 <b>Контрольна робота №2 - 1 год.</b>	2

#### 5.4 Самостійна робота студента

Для самостійної роботи студента передбачено 83 год. Для очної (денної)/дистанційної форми пропонується таких розподіл годин за темами і видами робіт:

- 1) На підготовку до іспиту 30 год.
- 2) На підготовку до МКР 4 год.
- 3) На підготовку РГР 15 год.
- 4) На підготовку до лабораторних занять та розрахунки за первинними даними, отриманими на них – 14 год.
- 5) На підготовку до лекційних занять згідно таблиці:

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Ключові бар'єри до розвитку ВДЕ та рекомендації щодо їх усунення <i>Література: 9.</i>	1
2.	Гармонізація українського законодавства з європейським в питаннях біоенергетики <i>Література: 9.</i>	1
3.	Залежність нижчої теплоти згоряння від вологості біомаси. <i>Література: 7</i>	1
4.	Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів. <i>Література: 3.</i>	1
5.	Українські виробники обладнання для спалювання біомаси. <i>Література: 2, 4.</i>	1
6.	Історія розвитку методів газифікації та піролізу деревної біомаси. <i>Література: 1.</i>	1
7.	ГДК складових золи. <i>Література: 1, 4.</i>	1
8.	Порівняльна характеристика рідкого біопалива. <i>Література: 1, 11.</i>	1
9.	Безкаталізаторна технологія виробництва біодизеля. <i>Література: 1, 11</i>	1
10.	Методи аналізу якості біоетанолу. <i>Література: 1, 4.</i>	1
11.	Характеристика <i>Clostridia acetobutylicum</i> . <i>Література: 15.</i>	1
12.	Сировина для отримання біонафти. <i>Література: 1.</i>	2



13.	Механізм утворення метану з ацетату. <i>Література: 15.</i>	2
14.	Когенераційні установки. <i>Література: 18.</i>	1
15.	Методика визначення показника FOS/TAC. <i>Література: 17.</i>	1
16.	Утилізація дигестату анаеробної ферментації. <i>Література: 5.</i>	1
17.	Способи зберігання водню. <i>Література: 18.</i>	1
18.	Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікробами. <i>Література: 19, 20.</i>	1

## Політика та контроль

### 6 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Система вимог, які ставляться перед студентом:

- відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує клас на платформі G suite for education для викладання матеріалу поточної лекції, додаткової інформації, протоколів лабораторних робіт, методичних вказівок до виконання завдань та інше;
- до лабораторного заняття студент допускається лише після проходження інструктажу з техніки безпеки, при наявності лабораторного халату, після допуску викладачем за результатами опитування ходу роботи;
- після виконання лабораторної студент аналізує отримані результати, оформлює протокол, формулює висновки та захищає роботу, відповідаючи на питання викладача за темою; бали за лабораторну роботу враховуються лише за наявності оформленого звіту та при умові отримання більше половини можливих балів за роботу;
- написання модульної контрольної роботи відбувається на лекційних заняттях без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.);
- штрафні бали виставляються за: несвоєчасний захист лабораторних робіт та за кожну невдалу спробу здачі лабораторної роботи (- 0,5 балу).

#### Неприйнятними у навчальній діяльності для студентів є:

1) Плагіат – навмисне чи усвідомлене оприлюднення (опублікування), повністю або частково, чужого твору (тексту або ідей) під іменем особи, яка не є автором цього твору, без належного оформлення посилань.

2) Шахрайство, а саме:

- фальсифікація або фабрикація інформації, наукових результатів та наступне використання їх в академічній роботі;
- підписка підписів в документах (залікових книжках, протоколах лабораторних, рефератах);
- використання під час контрольних заходів заборонених допоміжних матеріалів або технічних засобів (шпаргалки, мікронавушники, телефони, планшети тощо);
- посилання на літературні джерела, які не було використано в роботі;
- списування при складанні будь-якого виду контролю;
- проходження процедур контролю знань підставними особами.

3) Несанкціонована співпраця, а саме:

- надання допомоги для здійснення акту академічної нечесності – навмисна чи усвідомлена допомога або спроба допомоги іншому вчинити акт академічної нечесності;
  - придбання в інших осіб чи організацій з наступним поданням як власних результатів навчальної та наукової діяльності (звітів, рефератів, контрольних).
- 4) Пропонування чи отримання неправомірної винагороди при оцінюванні результатів успішності, виконання навчальних чи дослідницьких завдань.
- 5) Використання родинних або службових зв'язків для отримання позитивної або вищої оцінки при складанні будь-якого виду підсумкового контролю або переваг у роботі.

## 7 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: написання МКР, виконання і захист лабораторних робіт, виконання РГР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання і захист усіх лабораторних робіт та РГР.

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 7 лабораторних робіт;
- 2) написання двох контрольних робіт (МКР поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по 1 годині);
- 3) виконання РГР.

### 7.1. Критерії нарахування балів:

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1.	<b>Лабораторні заняття</b>		<b>7</b>	<b>35</b>
	- ваговий бал $r_k$ :	<b>5</b>		
	- допуск	1		
	- опрацювання результатів і захист: правильно оформлена робота з повним висновком- повна відповідь на експрес контроль – неповна відповідь-	4 1 3 0-2		
2.	<b>Модульна контрольна робота</b>		<b>1</b>	<b>10</b>
	-ваговий бал $r_k$ :	<b>10</b>		
	- якість виконання	0-10		
3.	<b>РГР</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

### Заохочувальні бали

№		Бал	Кількість	Сума балів
1.	Виконання завдань з удосконалення дидактичних матеріалів з кредитного модуля	5	1	5

### Штрафні бали

№		Бал
1.	Несвоєчасний захист лабораторних робіт (без поважної причини)	-0,5
2.	Порушення дисципліни на заняттях	-0,5

3.	Невдалий захист лабораторної роботи	-0,5
----	-------------------------------------	------

### **Розрахунок шкали (R) рейтингу**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 35 + 10 + 5 = 50 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50% від R, а саме:

$$R_e = R_c \cdot 0,5 / 0,5 = 50 \text{ балів.}$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає  $R = R_c + R_e = 100$  балів.

Необхідною умовою для допуску до іспиту є зарахування усіх лабораторних робіт, модульної контрольної, виконання РГР.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів: 1 атестація – «зараховано» - 10 балів (20 – максимум), 2 атестація – 20 балів (50 – максимум).

Екзаменаційний білет містить 4 запитання по 10 балів кожне.

Якість складання іспиту:

повна розкрита відповідь	- 10 балів;
неповна відповідь	- 8 – 9 балів;
помилка в завданні	- 6 – 7 балів;
робота не зарахована	- 0 – 5 балів.

### **Загальний рейтинг:**

100-бальна рейтингова система	Університетська шкала
$95 < RD < 100$	Відмінно
$85 < RD < 94$	Дуже добре
$75 < RD < 84$	Добре
$65 < RD < 74$	Задовільно
$60 < RD < 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
$R_c < 40$ або не виконані інші умови одержання заліку	Недопущений

### **8 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- перелік теоретичних питань, які виносяться на семестровий контроль (іспит) наведено в додатку 1;
- завдання до РГР наведено в додатку 2.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доц. кафедри екобіотехнології та біоенергетики, к.т.н., доц., Щурська Катерина Олександрівна

Ухвалено кафедрою \_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_ від \_\_\_\_\_)

Погоджено Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № \_\_\_ від \_\_\_\_\_)

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.

**Перелік теоретичних питань, які виносяться на іспит:**

Вступ. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні, зокрема.

Можливі сценарії подальшого розвитку цивілізації. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та Україні.

Ключові бар'єри до розвитку ВДЕ та рекомендації щодо їх усунення

Законодавчі та економічні аспекти розвитку біоенергетики у світі.

Політика країн світових лідерів щодо стимуляції використання енергії біомаси. Законодавча база біоенергетичної галузі в Україні (Закон України Про альтернативні види палива, Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., Закон України Про альтернативні види палива. Структура єдиного біоенергетичного простору України.

Гармонізація українського законодавства з європейським в питаннях біоенергетики

Загальна характеристика біомаси та біопалива.

Класифікація енергетичної сировини. Основні деревні енергетичні рослини європейської зони. Поняття про ліси швидкої ротації (SRF). Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Елементний склад біопалива. Характеристики біопалива (нижча і вища теплота згоряння палива, температура плавлення золи)

Залежність нижчої теплоти згоряння від вологості біомаси.

Технологія виробництва паливних гранул.

Характеристика паливних гранул, сировина, переваги та недоліки використання паливних гранул. Технологія виробництва деревних паливних гранул та агропелет.

Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів.

Пряме спалювання твердого біопалива.

Основні види та характеристики твердого біопалива з рослинних відходів. Пряме спалювання. Обладнання для спалювання.

Українські виробники обладнання для спалювання біомаси.

Газифікація та піроліз біомаси.

Хімічні процеси (автотермічні, алотермічні) при газифікації біомаси. Конструкції апаратів для газифікації. Проблеми, що супроводжують експлуатацію газогенераторної установки. Піроліз біомаси, хімізм процесу, продукти та відходи.

Історія розвитку методів газифікації та піролізу деревної біомаси.

Очищення продуктів згорання.

Утилізація та системи очищення продуктів згорання. Системи конденсації продуктів згорання. Утилізація золи.

ГДК складових золи.

Рідке біопаливо.

Стан та перспективи розвитку виробництва рідкого біопалива в Україні. Види рідкого біопалива та його використання. Промислове виробництво біопалива з рослинних відходів в Україні.

порівняльна характеристика рідкого біопалива.

Біодизель як вид рідкого біопалива.

Характеристика біодизеля. Технології виробництва біодизеля. Відходи виробництва біодизеля та їх утилізація. Переваги, недоліки біодизеля, перспективи та питання

охорони довкілля

Безкatalізаторна технологія виробництва біодизеля.

Біоетанол як вид рідкого біопалива.

Характеристика біоетанолу. Технології одержання біоетанолу з різних типів сировини. Продукенти біоетанолу. Відходи виробництва біоетанолу та їхня утилізація.

Методи аналізу якості біоетанолу.

Біобутанол як вид рідкого біопалива.

Характеристика біобутанолу. Ацетоно-бутилове бродіння. Продукенти біобутанолу. Технології одержання біобутанолу з різних типів сировини. Переробка барди ацетоно-бутилового виробництва. Утилізація газів бродіння.

Характеристика *Clostridia acetobutylicum*.

Перспективні рідкі біопалива.

Біонафта, біобензин, біометанол – стан і перспективи, характеристика, сировина, технології отримання, переваги та недоліки.

Сировина для отримання біонафти.

Основні види газоподібного біопалива, характеристика процесу метанового зброджування.

Різновиди газоподібного біопалива (синтез-газ, генераторний газ, біогаз, біоводень) та їхня характеристика. Мікробіологічні та біохімічні основи метанового зброджування. Фактори впливу на метанове бродіння.

Механізм утворення метану з ацетату.

Біогаз як газоподібне біопаливо.

Загальна характеристика біогазу. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках. Будова газгольдерів. Конструкції біогазових установок.

Когенераційні установки.

Технологічні параметри метанового бродіння

Температура, перемішування, режим роботи, тривалість перебування та навантаження за сухою органічною речовиною.

Методика визначення показника FOS/TAC.

Очищення біогазу від домішок

Технології очищення біогазу від домішок твердих частинок, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, силіоксанів. Переваги та недоліки технологій очищення біогазу від домішок. Підготовка біогазу до кондицій природного газу. Шлях до анаеробіозу.

Утилізація дигестату анаеробної ферментації.

Воднева енергетика

Сучасний стан водневої енергетики. Біоводень як перспективний вид біопалива. Класифікація та характеристика біотехнологій продукування біоводню за способом трансформації енергії.

Способи зберігання водню.

Біопаливо з мікроводоростей

Переваги та недоліки мікроводоростей як енергетичних культур. Конструкції фотобіореакторів. Сучасні досягнення в галузі отримання біопалива з мікроводоростей.

Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікроводоростями.

## ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ РГР

## Варіант 1.

- Накреслити і описати технологічну схему отримання брикетів з некондиційної деревини з вологістю 40%.
- Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи пшениці* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100
Сухий								
Сухий беззольний								

- Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

## Варіант 2.

- Накреслити і описати технологічну схему отримання паливних гранул з відходів деревообробки.
- Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *гранул соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100

- Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

## Варіант 3.

- Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з ріпакової олії з кислотним числом більше 2.
- Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи тритікале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100
Сухий								
Сухий беззольний								

- Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

## Варіант 4.

- Накреслити і описати технологічну схему отримання біогазу з бурякового жому.
- Розрахувати сухий та сухий беззольний стан *брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

- Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

## Варіант 5.

- Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з соняшникової олії з кислотним числом менше 2.



	W	C	H	S	O	N	A	%
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззолний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 11.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання і очищення звалищного газу з полігонів ТПВ до норм подачі в газотранспортну мережу.

2. Розрахувати сухий та сухий беззолний стан палива *січки місканту* за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	%
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззолний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 12.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біогазу з відходів комплексу по утриманню ВРХ

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *соломи тритікале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	%
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 13.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання етилового спирту з целюлози

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *січки з щавнату* умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	%
Робочий	9,21	42,82	4,87	0,04	37,11	1,01	4,94	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 14.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з відпрацьованих і некондиційних олій.

2. Розрахувати сухий та сухий беззолний стан палива *соломи жита* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	7,52	43,38	5,2	0,11	39,04	0,37	4,38	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 15.

1. Накреслити і описати технологічну схему одержання біодизеля з тваринних жирів.

2. Розрахувати сухий та сухий беззолний стан палива *соломи жита* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
-------------	---------------------	--	--	--	--	--	--	-----------



	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	7,52	43,38	5,2	0,11	39,04	0,37	4,38	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 16.

1. Накреслити і описати технологічну схему виробництва паливних гранул з агросировини.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи пшениці* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього,%
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 17.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання паливних гранул з відходів деревообробки.
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E)* соломи місканту за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього,%
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 18.

1. Накреслити технологічну схему отримання біодизельного палива з насіння ріпаку.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи тритикале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 19.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біоетанолу з крохмалевмісної сировини (сухий помол).
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього,%
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

#### Варіант 20.

1. Накреслити і описати технологічну схему процесу отримання біогазу з відходів тваринницького комплексу та силосованої біомаси кукурудзи.
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього,%
	W	C	H	S	O	N	A	

Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100
---------	------	-------	------	------	------	------	-------	-----

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

## Розрахувати основні параметри технологічних ліній для метанового збродження

Варіанти

№ за списком групи	Вид тварин	Кількість голів	Вміст сухих речовин в біомасі, %	Режим збродження	Шар теплоізоляції метантенку, см
1.	Дійні корови	1000	5	Термофільний	10
2.	Телята (до 6 місяців)	2000	6	Мезофільний	9
3.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	3000	5	Термофільний	8
4.	Нетелі (12-18 місяців)	1500	6	Мезофільний	10
5.	Свині	2000	7	Термофільний	9
6.	Дійні корови	3000	8	Мезофільний	8
7.	Дійні корови	3500	5	Термофільний	10
8.	Дійні корови	2000	6	Мезофільний	9
9.	Телята (до 6 місяців)	1000	5	Термофільний	8
10.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	1000	6	Мезофільний	10
11.	Нетелі (12-18 місяців)	1500	7	Термофільний	9
12.	Свині	1000	8	Мезофільний	8
13.	Свині	1500	5	Термофільний	10
14.	Свині	1200	6	Мезофільний	9
15.	Дійні корови	5000	5	Термофільний	8

16.	Телята (до 6 місяців)	1000	6	Мезофільний	10
17.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	2000	7	Термофільний	9
18.	Нетелі (12-18 місяців)	3000	8	Мезофільний	8
19.	Свині	150	5	Термофільний	10
20.	Телята (до 6 місяців)	2500	6	Мезофільний	9