

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СОРБЦІЇ ТА ПРОБЛЕМ ЕНДОЕКОЛОГІЇ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту сорбції та проблем
ендоекології НАН України
протокол № 1

від «21 » січня 2022 року

Голова Вченої ради

Інституту сорбції та проблем
ендоекології НАН України
чл. кор. НАН України



В.В. Брей

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Енергоефективність та основи зеленої енергетики
(назва навчальної дисципліни)

галузі знань **10 «Природничі науки»**

спеціальності **102 «Хімія»**

спеціалізації **«Фізична хімія»**

Київ - 2022 рік

Робоча програма «**Енергоефективність та основи зеленої енергетики**»
(назва навчальної дисципліни)
для аспірантів спеціальності **102 «Хімія»**, спеціалізація – **фізична хімія**

«21» січня, 2022 року 15 стор.

Курс розроблено на підставі освітньо-навчальної програми, затвердженої на Вченій раді Інституту сорбції та проблем ендоекології НАН України від «21» січня 2022 р., протокол №1.

Розробник: чл.-кор. НАНУ д.х.н. Ю.А. Малетін
к. ф.-м. н. С.О. Зелінський

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Найменування показників | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|--|--------------------------------------|-----|
| | | денна форма навчання | |
| Кількість кредитів - 3 | Галузь знань <u>10 «Природничі науки»</u> (шифр і назва) Спеціальність <u>102 «Хімія»</u> (шифр і назва) Спеціалізація <u>«Фізична хімія»</u> | Нормативна | |
| Модулів - 2 | | Рік підготовки: | |
| Змістових модулів - 2 | | 2-й | |
| | | Семестр | |
| Загальна кількість годин - 90 | | 1-й | 1-й |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 30, у т.ч. самостійної роботи аспіранта – 60 год. | Освітньо-кваліфікаційних рівень: доктор філософії | Лекції | |
| | | 20 год. | |
| | | Практичні, семінарські | |
| | | 10 год. | |
| | | Самостійна робота | |
| | | 60 год. | |
| | | Вид контролю: іспит | |

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни «Енергоефективність та основи зеленої енергетики» є оволодіння теоретичними знаннями з виробництва, перетворення і економного споживання різних видів енергії особливо з альтернативних джерел.

Основні завдання дисципліни:

- Описати стан і перспективи розвитку нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії у світі та в Україні;
- Засвоїти способи зберігання та транспортування різних видів енергії;
- Знати фізичні та хімічні основи перетворення сонячної енергії в теплову та електричну;
- Розуміти екологічні наслідки використання нетрадиційних джерел енергії;
- Оцінювати перспективи використання біоетанолу та використання біомаси в енергозбереженні;
- Розуміти принципи дії вітрової та гідро електричної генерації;
- Перспективи розвитку водневої енергетики в світі та Україні.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспіранти набувають таких компетентностей:

загальні вміння (компетенції):

- Знати структуру паливно-енергетичного балансу України
- Розуміти принципи акумулювання, транспортування та використання енергії;
- Оцінювати найбільш економічно та енергетично вигідні системи одержання енергії;
- Аналізувати та узгоджувати свої дії з законодавством в Україні в області енергозбереження.

спеціальні (фахові) вміння (компетенції):

- Розрахунок к.к.д. енергетичної установки;
- Методи отримання водню;
- Конструкція фотоелементів та технологія їх виготовлення;
- Принцип роботи вітрової електростанції;
- Використання біопалива та методи отримання;
- Технологічні схеми виробництва біоетанолу;
- Розрахунок ESS системи, та батарейної системи накопичення енергії BESS для індивідуального господарства;
- Специфічні проблеми акумуляції і передачі енергії при використанні різних поновлюваних джерел енергії.

У результаті засвоєння дисципліни аспірант повинен демонструвати знання, вміння і навички, відповідні тематичним модулям дисципліни:

Знати:

- Види і перспективи нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії;
- Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України;
- Загальні відомості про системи виробництва, розподілу та споживання енергії;
- Екологічні проблеми різних об'єктів енергетики;
- Види нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;
- Способи використання, сонячної, вітрової, гідро енергії;
- Перспективи розвитку водневої енергетики
- Використання біодизелю та біогазу в паливно-енергетичному комплексі України

Вміти:

- Визначити та обґрунтувати проблему енергетичного забезпечення об'єкта;
- Використовувати набуті знання на практиці;
- Визначити переваги і недоліки використання зеленої енергетики;
- Реалізовувати безпечні та економічно доцільні енергетичні рішення;
- Розуміти екологічні наслідки використання альтернативних джерел живлення;
- Розраховувати вихід біодизелю та розуміти методи його отримання
- Оцінювати к.к.д. енергетичних установок;
- Розуміти принципи роботи систем акумулювання енергії.

• 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1. ЕНЕРГЕТИКА І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Тема 1. Сучасний стан енергетики України, та місце в ній зеленої енергетики.

Освоєння енергії і розвиток енергетики в Україні. Світовий паливно-енергетичний баланс і місце в ньому енергетичної системи України. Історія розвитку та сучасний стан вітчизняної енергетики. Паливно-енергетичний баланс України, наявні ресурси і їх доступність, річний видобуток і потреба. Тенденції та зміни рівня енергоефективності виробництва енергії. Розвиток нетрадиційних та відновлювальних(зелених) джерел енергії.

Тема 2. Види зеленої енергетики, та їх класифікація.

Класифікація відновлюваних джерел енергії. Загальні та кількісні показники енергетичних ресурсів нетрадиційних і відновлюваних джерел в Україні та світі. Місце та інтеграції зеленої енергетики в паливно-енергетичну систему України. Тенденції зміни рівня енергоефективності виробництва енергії.

Тема 3. Стратегія розвитку світової та вітчизняної енергетики

Цілі ЄС та України у сфері використання енергетичних ресурсів. Кіотський протокол. Законодавча правова та інформативна база відновлюваної енергетики України. Енергоефективність у промисловості в контексті сталого розвитку. Формування нової енергетичної культури індивідуальних та промислових господарств та виховання нового енергосвідомого покоління в Україні .

Тема 4. Енергоспоживання та екологічні проблеми енергетики

Енергетика та її вплив на навколишнє середовище. Забруднення атмосфери а парниковий ефект. Причини використання невідновлювальної енергетики. Енергоспоживання та його облік. Методи контролю та заощадження. Шляхи зменшення використання сировинних ресурсів в парадигмі росту популяції планети.

Тема 5. Системи збереження (акумуляування) та передачі енергії

Традиційні системи збереження енергії та їх недоліки. Загальні ESS системи. Батарейні системи BESS. Гідроакумулятори PHS. Системи збереження енергії CAES - накопичення енергії стисненим повітрям. Grid системи та частотне регулювання енергетичної системи в Україні. Шляхи комерціалізації енергонакопичуючих систем.

Змістовний модуль 2. ЗЕЛЕНА (ВІДНОВЛЮВАЛЬНА) ЕНЕРГЕТИКА

Тема 6. Сонячна енергетика в Україні.

Фотогальванічні (PV) або сонячні елементи. Принцип роботи та методи розрахунку к.к.д. Системи концентрованої сонячної енергії (CSP). Типи сонячних електростанцій (СЕС) та їх місце в енергетичній системі. Переваги сонячних електростанцій. Законодавство в сфері сонячної енергетики в

Україні. Переваги комерціалізації індивідуальних СЕС відповідно до законодавства України.

Тема 7. Вітроенергетика України.

Характеристика вітру та основи використання енергії вітру. Ресурси вітрової енергії. Принцип дії та класифікація ВЕУ. Теорія роботи вітрогенератора. Проблеми навколишнього середовища та ВЕС. Законодавство в сфері вітрової енергетики в Україні. Розрахунок економічної доцільності використання ВЕС, та її комерціалізація.

Тема 8. Гідроенергетика України.

Гідроакумуючі та гідроелектростанції. Принцип дії та класифікація ГЕС та ГАЕС. Проблеми навколишнього середовища та ГЕС. Стан малої гідроенергетики України та її роль в енергетичному балансі. Основні технічні та економічні показники ГЕС.

Тема 9. Біодизель та енергія біомаси.

Біопаливо, види біопалива. Класифікація методів переробки відходів біомаси. Технологічні схеми виробництва біоетанолу. Отримання біогазу. Використання продуктів переробки біомаси в якості моторного палива - етиловий та метиловий спирти, рапсове масло. Розрахунок економічної доцільності використання біодизелю, та методи комерціалізації

Тема 10. Воднева енергетика.

Методи виробництва водню. Електроліз води. Електроліз за високих температур(НТЕ). Фотоелектрохімічне розщеплення води. Кварнер-процес. (СВ&Н) Термохімічне виробництво водню. Проблеми зберігання та транспортування. Екологічні аспекти виробництва водню.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Назва тем | Кількість годин | | | Індивідуальна робота | |
|---|-----------------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| | Всього | Аудиторна робота | | | |
| | | Всього аудиторних | Лекції | | Практичні |
| Змістовний модуль 1. ЕНЕРГЕТИКА І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ | | | | | |
| Тема 1. Сучасний стан енергетики України, та місце в ній зеленої енергетики. | | | 2 | 5 | |
| Тема 2. Види зеленої енергетики, та їх класифікація. | | | 2 | 2 | 5 |
| Тема 3. Стратегія розвитку світової та вітчизняної енергетики. | | | 2 | | 5 |
| Тема 4. Енергоспоживання та екологічні проблеми енергетики. | | | 2 | 1 | 5 |
| Тема 5. Системи збереження (акумулявання) та передачі енергії. | | | 2 | 2 | 10 |
| <i>Разом за змістовим модулем 1</i> | | | 10 | 5 | 30 |
| Змістовний модуль 2. ЗЕЛЕНА (ВІДНОВЛЮВАЛЬНА) ЕНЕРГЕТИКА | | | | | |
| Тема 6. Сонячна енергетика в Україні. | | | 2 | 1 | 5 |
| Тема 7. Вітроенергетика України. | | | 2 | 1 | 5 |
| Тема 8. Гідроенергетика України. | | | 2 | 1 | 5 |
| Тема 9. Біодизель та енергія біомаси. | | | 2 | 1 | 10 |
| Тема 10. Воднева енергетика. | | | 2 | 1 | 5 |
| <i>Разом за змістовим модулем 2</i> | | | 10 | 5 | 30 |

5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

| № | Назва теми | Кількість годин |
|--|---|--------------------|
| Змістовний модуль 1. ЕНЕРГЕТИКА І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ | | |
| 1. | Види зеленої енергетики, та їх класифікація. | 2 |
| 2. | Енергоспоживання та екологічні проблеми енергетики. | 1 |
| 3. | Системи збереження (акумуляування) та передачі енергії, | 2 |
| Змістовний модуль 2. ЗЕЛЕНА (ВІДНОВЛЮВАЛЬНА) ЕНЕРГЕТИКА | | |
| 4. | Сонячні колектори та фотоелементи. Розрахунок к.к.д. фотоелемента. | 1 |
| 5. | Оптимальний режим роботи вітряка. Розрахунок к.к.д. ВЕС від швидкості вітру. | 1 |
| 7. | Конверсія біоетанолу. Технічні показники. Вибір каталізатора. | 1 |
| 8. | Розрахунок питомого виходу дизельного палива одержаного з ріп'яка. | 1 |
| 9. | Енергетичні розрахунки отримання водню трьома методами: а) електроліз пари при високому тиску б) електроліз води при низькому тиску с) одержання водню в процесі високотемпературного електролізу (НТЕ) | 1 |

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

| № | Назва теми | Кількість годин |
|--|---|-----------------|
| Змістовний модуль 1. ЕНЕРГЕТИКА І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ | | |
| 1. | Сучасний стан енергетики України, та місце в ній зеленої енергетики | 5 |
| 2. | Види зеленої енергетики, та їх класифікація. | 5 |
| 3. | Стратегія розвитку світової та вітчизняної енергетики | 5 |
| 4. | Енергоспоживання та екологічні проблеми енергетики | 5 |
| 5. | Системи збереження (акумуляування) та передачі енергії. | 10 |
| Змістовний модуль 2. ЗЕЛЕНА (ВІДНОВЛЮВАЛЬНА) ЕНЕРГЕТИКА | | |
| 6. | Сонячна енергетика. | 5 |
| 7. | Вітроенергетика | 5 |
| 8. | Гідроенергетика | 5 |
| 9. | Біодизель та енергія біомаси. | 10 |
| 10. | Воднева енергетика | 5 |
| | <i>Разом</i> | 60 |

8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

- Словесні методи: пояснення, інструктаж, розповідь, лекція, бесіда (репродуктивна, евристична), самостійна робота з підручником, обговорення проблем, навчальні дискусії, мозковий штурм, кейс-методи, тестування, перехресна перевірка знань;
- Наочні: метод ілюстрацій (схеми, таблиці, графіки, тощо), метод демонстрацій (приладів, дослідів, технічних установок, відеофільмів);
- Метод інструктування; Репродуктивні методи: пояснювально-ілюстративний, відтворювальний;
- Проблемно-пошукові методи навчання (проблемний виклад, евристичний, дослідний).

Обов'язковими елементами навчальної роботи аспірантів є чіткий контроль відвідування занять, справедлива диференціація оцінок, та заохочення їх навчальної активності.

9. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ АСПІРАНТИ

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|--------------------|----|----|----|-----|--------------------------|------|
| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | Підсумковий тест (іспит) | Сума |
| Змістовий модуль 1 | | | | | Змістовий модуль 2 | | | | | 100 | 100 |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | | |
| 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | | |

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінки ECTS | Оцінка за національною шкалою | |
|--|-------------|--|---|
| | | для іспиту | для заліку |
| 90-100 | A | відмінно | зараховано |
| 80-89 | B | добре | |
| 70-79 | C | | |
| 65-69 | D | задовільно | |
| 60-64 | E | | |
| 35-59 | FX | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 0-34 | F | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

10. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчально-методичний комплекс вивчення дисципліни вміщує робочу програму навчальної дисципліни, програму навчальної дисципліни, конспект лекцій з курсу, презентації, створені засобами Power Point.

Для методичного забезпечення лекційного процесу використовуються дошки із записом крейдою та фломастером, ноутбук, мультимедійний проектор, лазерна вказівка.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Паливно-енергетичний баланс України.
2. Фотогальванічні (PV) або сонячні елементи
3. Електроліз пари при високому тиску.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 2

1. Види зеленої енергетики, та їх класифікація.
2. Загальні ESS системи. Батарейні системи BESS. Гідроакумулятори PHS.
3. Електроліз води при низькому тиску.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 3

1. Енергоефективність у промисловості в контексті сталого розвитку
2. Принцип дії та класифікація ВЕУ
3. Одержання водню в процесі високотемпературного електролізу (НТЕ)

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 4

1. Паливно-енергетичний баланс України.
2. Фотогальванічні (PV) або сонячні елементи
3. Електроліз пари при високому тиску.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5

1. Цілі ЄС та України у сфері використання енергетичних ресурсів. Кіотський протокол.
2. Використання продуктів переробки біомаси в якості моторного палива
3. Фотоелектрохімічне розщеплення води.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 6

1. Стан малої гідроенергетики Україні та її роль в енергетичному балансі.
2. Конверсія біоетанолу. Технічні показники. Вибір каталізатора
3. Розрахунок к.к.д. фотоелемента.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 7

1. Системи збереження (акумуляування) та передачі енергії
2. Розрахунок к.к.д. ВЕС від швидкості вітру.
3. Кварнер-процес (СВ&Н) одержання водню.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Варламова Г. Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія: Підручник. – Х.: Вид-во САГА, 2008. – 234 с.
2. Управление в энергетике / С. П. Кундас, М.И. Кулик, О.А. Кучинский, Л. Молиторис, К. Павличкова и др.; под ред. д.т.н., профессора С.П. Кундаса //Учебное пособие – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2014. – 259 с. - ISBN 978-985-551-093-3
3. М. Олейник, В. Лисяк, А. Дудурич Енергоощадність та альтернативні джерела енергії: Підручник. – Х.: Львівська політехніка 2020. – 220 с.
4. Кузьмин С.Н. Нетрадиционные источники энергии: биоэнергетика. – Изд-во Инфра-М, 2017. – 128 с.
5. Т.А. Филипова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин, А.Г.Русина Гидроенергетика – Вид-во: НГТУ, 2017. – 604 с.
6. Шпильрайн Э., Малышенко С., Кулешов Г. «Введение в водородную энергетику» . – Изд-во: Энергоатомиздат, 1984 год, 264 ст.
7. С. Варфоломеев Химия биомассы. Биотоплива и биопластики. – Изд-во: Научный мир 2016. – 790 ст.
8. Соуфера С, Заборски О.М. Биомасса как источник энергии / Изд-во. - М.: Наука, 1985.-217с.
9. Маляренко В.А. Энергетика і навколишнє середовище. Х.: Вид-во САГА, 2008. –364 с.
10. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки.- М.: Энергоатомиздат 1991.- 208 с.
11. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. - Л.: Наука, 1990.- 214с
12. Мисак Й.С., Возняк Т.О., Дацько О.С., Шаповал С.П., Підручник. – Х.: Вид-во: Львівська політехніка, 2014. – 340 с.
13. Стадницький, Ю. І. Формування біопаливної галузі в Україні: перспективи, проблеми, шляхи оптимізації / Ю. І. Стадницький // Регіон. економіка. – 2008. – №1. – С. 211 – 219.
14. Закон України «Про ринок електричної енергії»
15. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»
16. Закон України «Про альтернативні види рідкого та газового палива»
17. Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу»
18. <https://avenston.com/articles/solar/>
19. <http://www.interstatetraveler.us/Reference-Bibliography/Bellona-HydrogenReport.html>